المعالج الفيزيائي
زيدان محمد الحمد

أبحاث مختارة في العلاج الفيزيائي
الكتاب الأول

المعالجة الحرارية العميقة. الليزر



إشراف الأستاذ الدكتور
هشام الطيان
رئيس قسم الفيزيولوجيا والعلاج الفيزيائي
جامعة دمشق. كلية الطب


منتدى إقراء الثقافي
www.iqra.ahlamontada.com
للكتب (كوردى , عربي , فارسي)

أبحاث مختارة في العلاج الفيزيائي

الجزء الأول

المعالجة الحرارية العميقة ـ الليزر

المعالج الفيزيائي
زيدان محمد الحمد

بسم الله الرحمن الرحيم

{والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون} سورة النحل

صدق الله العظيم

للمراسلة الاتصال مع
زيدان الحمد
دمشق هـــ: ٦٣١٤١٠٤

إهــداء

- ➢ إلى الرحمة المهداة...... إلى السراج المنير.... إلى المشكاة التي يُســـتضاء بهـــا...... إلى المعلم الأول...... محمد رسول الله صلى الله عليه وسلم.
- ➢ إلى الشماء التي تعانق بزهوها سُحب السماء وتوغل جذورها في أرض الوفـــاء.... إلى النخلة المعطاء، لك نجوى في خافقي، لا تفتأ تدعو الإله كل غســـق ألا تغيـــبي، فغيابك يطفئ شمس عمري..... أمي.
- ➢ إلى مثلي الأعلى في هذه الحياة...... إلى الفكر المتوقـــد الـــذي عملت برأيـــه..... إلى أستاذي الأول..... أبي.
- ➢ إلى إخواننا وأحبائنا الذين كانوا دوماً عوناً لنا على حمـــــل هـــذه الرســـالة...... لهؤلاء جميعاً كل الحب والاحترام والتقدير.

بطاقة شكر

- ❖ لا بد وأنا أضع اللمسات الأخيرة لهذا الكتاب من العرفان بالجميل ورد المعـــــروف لأصحابه ولو بكلمة شكر بسيطة لكل من ساعدني أو شد على ساعدي.
- ❖ وأخص بالشكر الأستاذ الدكتور هشام الطيان الذي منحني من وقته الكثير وأفـــادني من خبراته وتوجيهاته وإشرافه على هذا الكتاب لإخراجه بهذا النحو.
- ❖ ولا أنسى الأساتذة في المعهد الصحي على كل ما قدموه من دعم وتوجيه وكذلـــك الأطباء في مشفى دمشق خصوصاً أطباء الجراحة العصبية والجراحة العظمية، وزملائـــي في قسم العلاج الفيزيائي على ما قدموه لي من تشجيع وإلى كل من ساهم في إنجاز هذا الكتاب.

المقدمة

بسم الله الرحمن الرحيم.... الحمد لله رب العالمين والصلاة والسلام على سيدنا محمد وعلى آله وصحبه أجمعين.

يخطو الطب الحديث اليوم خطوات واسعة وقفزات كبيرة ومتلاحقة، حتى لا يكاد يخلو يوم من اكتشاف مرض جديد أو عقار يقضي على أحد الأمراض أو ابتكار لوسيلة تشخيصية جديدة تعين الأطباء على سبر أغوار الجسم البشري واكتشاف مواضع العلة فيه بأسرع ما يمكن...... وتواكب هذا التطور مع تطوير كبير للعلاج الفيزيائي والوسائل العلاجية المتممة للعقاقير والعمليات الجراحية. ولكني أدركت خلال دراستي أن مكتبتنا العربية لم تواكب هذا التطور في مجال العلاج الفيزيائي فرأيت من الواجب علي أن أجند نفسي في البحث والتنقيب عن كل ما هو جديد في الكتب والمراجع الأجنبية لأفيد نفسي وزملائي وكل من يعمل في هذا المجال فوجدت الكثير من المعلومات الحديثة والعملية فيما يتعلق بالمعالجة الحرارية والتي آثرت أن أبدأ بها في هذا الكتاب لما لها من أهمية كبيرة، فتناولت شرحاً وافياً فيما يتعلق بالوسائل المستعملة والخصائص الفيزيائية والفيزيائية الحيوية والتأثيرات الفيزيولوجية واستطباباتها ومضادات الاستطباب وطرق التطبيق، وصنفتها بأسلوب سهل وبسيط بعيد عن التعقيد، وأرفقت الكتاب بالعديد من وسائل الإيضاح من منحنيات بيانية وجداول وصور لوضعيات التطبيق تغني الجانب العملي، بحيث تغني القارئ عن كثير من المحاضرات والشروح، وأضفت بحثاً جديداً في العلاج الفيزيائي وهو الليزر وتطبيقاته، وأعتقد أن هذا الكتاب سيشكل بما يحويه ركيزة أساسية في العلاج الفيزيائي ورجائي أن ينال قبولاً واستحساناً من زملائي القراء وأرجو أن يكون هذا الكتاب من العلم الذي ينتفع به. والله من وراء القصد.

المعالج الفيزيائي
زيدان محمد الحمد
٢٠٠٠/٩/١

البحث الأول

العلاج بالإنفاذ الحراري

Diathermy

أولاً- المقدمة:

ثانياً- التأثيرات الفيزيولوجية والفيزيائية الحيوية:

أ- الإنفاذ الحراري بالأمواج الطوال.

ب- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصار.

١- التأثيرات الفيزيولوجية لتيار الإنفاذ الحراري.

٢- طرق التطبيق.

***طريقة حقل المكثف:**

- تأثير الحقل الكهربائي.
- رفع حرارة النسج التفاضلي.
- ضياع الحرارة.
- حجم الأقطاب.
- المسافة بين الأقطاب.
- وضع الأقطاب.
- العلاج الحراري المتصالب.

*** طريقة حقل التحريض:**

- التحريض بالقطب الأحادي.
- التحريض بالكبل الكهربائي.

*** تطبيق الأمواج القصار بشكل نبضي.**

جـ- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً.

ثالثاً- اعتبارات فيما يتعلق بالعلاج:

١ -اختبار الجهاز.

٢- أسلاك التوصيل.

٣- وضع وحجم الأقطاب.

٤- تطبيق التيار.

٥- الجرعة.

٦- تقنيات التطبيق.

رابعاً- الاستطبابات ومضادات الاستطباب.

خامساً- مخاطر العلاج بالإنفاذ الحراري.

أولاً- المقدمة: Introduction

يعد العلاج بالإنفاذ الحراري Diathermy من أكثر الوسائل الفيزيائية استعمالاً، ويدل المعنى اليوناني لهذه الكلمة على أنها حرارة خلالية through heat، تفيد في تسكين الألم، وإيصال المواد الغذائية إلى النسج بشكل أكبر بزيادة الجريان الدموي، وزيادة قابلية تمدد النسج في الاضطرابات العضلية الهيكلية musculoskeletal.

وقد تأرجحت شعبية الإنفاذ الحراري كوسيلة علاجية بين الزيادة والنقصان من قبل المعالجين الفيزيائيين خلال هذا القرن، إلا أنها توفر شكلاً من أشكال المعالجة، وتم حديثاً الإثبات العلمي للفوائد العلاجية لهذه الوسيلة بشكل جيد.

ولفهم التأثيرات العلاجية، ينبغي الإحاطة بالخصائص الفيزيائية والفيزيائية الحيوية لهذه الوسيلة بشكل علمي دقيق.

توجد ثلاثة أنواع رئيسة من وسائل الإنفاذ الحراري تستعمل من قبل المعالجين الفيزيائيين لرفع حرارة النسج المتوضعة تحت الجلد، تصنف بحسب التردد وطول الموجة إلى:

أ- الأمواج الطوال long wave.

ب- الأمواج القصار short wave.

ج- الأمواج القصيرة جداً micro wave.

وقد أجازت لجنة الاتصال الاتحادية Federal Communication Commission استعمال ثلاثة حزم للتردد والطول الموجي من أجل الأمواج

القصار، وحزمتين من أجل الأمواج القصيرة جداً ضمن مدى التردد اللاسلكي Radio-Frequency، وفي الوقت الحالي تستعمل الترددات والأطوال الموجية التالية بشكل شائع:

- الأمواج القصار S.W: تردد 27.12 MHZ وطول موجة ١١م.
- الأمواج القصيرة جداً M.W: تردد 2450 MHZ وطول موجة ١٢سم

يتناسب طول الموجة الكهرطيسية وهي المسافة الكائنة بين ذروتي موجتين متتاليتين عكساً مع التردد، ومن المفترض أن تنتقل الطاقة الكهرطيسية Electromagnetic energy الصادرة عن أجهزة العلاج الفيزيائي بسرعة ثابتة (حوالي ٣٠٠×١٠^٦ م/ثا)

وتعد وسائل الإنفاذ الحراري (تردد منخفض-موجة أطول) مقارنة مع الأشكال الأخرى للطاقة الكهرطيسية المستعملة في العلاج الفيزيائي مثل الأشعة تحت الحمراء (تردد مرتفع-موجة أقصر)، أكثر فعالية في اختراق النسج العميقة ورفع حرارتها.

ثانياً- التأثيرات الفيزيولوجية والفيزيائية الحيوية:

Biophysics and physiologic effect.

أ- الإنفاذ الحراري بالأمواج الطوال: long wave Diathermy.

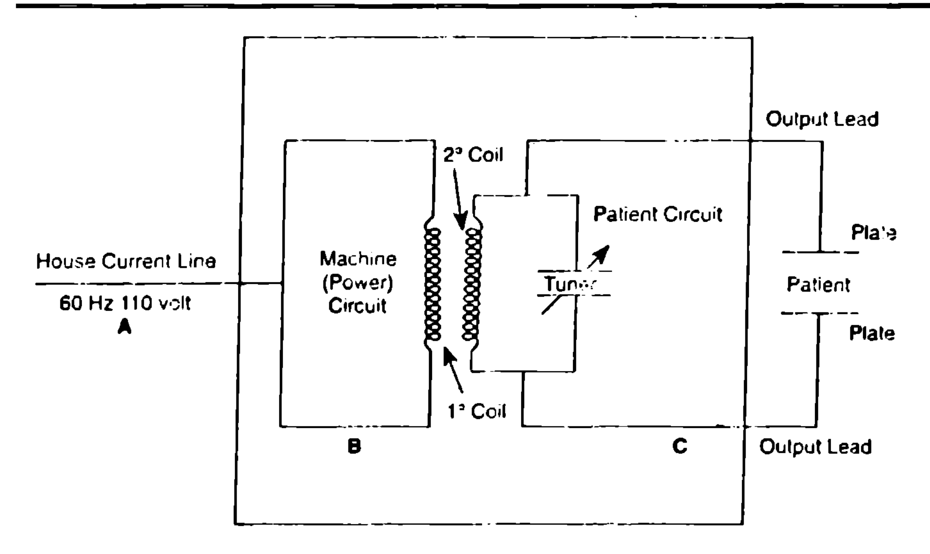
تعد الأمواج طويلة عندما تكون بطول (٣٠-٣٠٠م) وقصيرة بطول (٣-٣٠م)، وقصيرة جداً بطول (٠,٠٣-٣م) وهي الأكثر نفوذية بين الأصناف الثلاث.

استعملت الأمواج الطوال بين عامي ١٩٠٨ و ١٩٤٠ بتردد 1MHZ، و لم تعد تستعمل في الوقت الحالي بسبب إحداثها للحروق الكهربائية، إضافة لتداخلها على النقل اللاسلكي Radio-Transmission.

ب- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصار: Short wave Diathermy

ازداد استعمال الحرارة العميقة في العلاج خلال الحرب العالمية الثانية، وخلال هذه الفترة تم تطوير جهاز الأمواج القصار الذي حل مكان الأمواج الطوال كوسيلة فيزيائية علاجية قادرة على رفع حرارة النسج العميقة بشكل أكثر أماناً.

يحتوي جهاز الأمواج القصار على دارتين، تدعى الدارة الأولى دارة الطاقة power circuit وتسمى أيضاً دارة الجهاز، والدارة الثانية دارة المريض patient circuit كما في الشكل (١-١).



الشكل (١-١): يبين رسم مبسط يمثل وحدة جهاز S.W مع وجود مريض بين صفيحتي المكثف.

A. يمثل تيار المنزل المتناوب الذي يزود دارة الجهاز.

B. دارة الجهاز التي تحتوي على المحول، المقوم، مضخم الطاقة، (١) مذبذب التردد اللاسلكي الأولي.

C. يمثل دارة المريض التي تحتوي على (٢) ملف المحول الثاني، المعدل (tuner)، أسلاك مخرج التردد المرتفع، صفيحتي المكثف.

* دارة الجهاز (الطاقة) power circuit:

توصل بمصدر الطاقة وهي تتألف من:

١- مزود الطاقة **power-supply**.

٢- المحول الكهربائي **transformer**.

٣- المقوم **arectifier**.

٤- دارة التذبذب **oscillating circuit**.

٥- مضخم طاقة التردد اللاسلكي **radio-frequency** مصمم لتعديل مخرج دارة الطاقة بما يتناسب مع دارة المريض.

تعمل دارة الطاقة على تحويل تيار المنزل العادي إلى تيار مرتفع الفولتاج، مرتفع التردد، low-amp current من أجل استعماله في دارة المريض.

تستحث الطاقة ذات التردد المرتفع من دارة التذبذب الأولية في دارة الجهاز إلى دارة التذبذب الثانية في دارة المريض كما في الشكل (١-١).

والحث (التحريض) هو العملية التي بها يستطيع جسم ذو خصائص كهربائية أو مغناطيسية أن يحدث خصائص مماثلة في جسم مجاور من غير اتصال مباشر بينهما.

* **دارة المريض patient circuit**: وهي توصل الطاقة إلى المريض وتحتوي على:

١- الملف (٢) الذي يحول الطاقة بما يتناسب مع المريض transformer Coil.

٢- المعدل tuner.

٣- مخارج التيار المرتفع التردد high-frequency output leads.

٤- صفيحتي المكثف condenser plates.

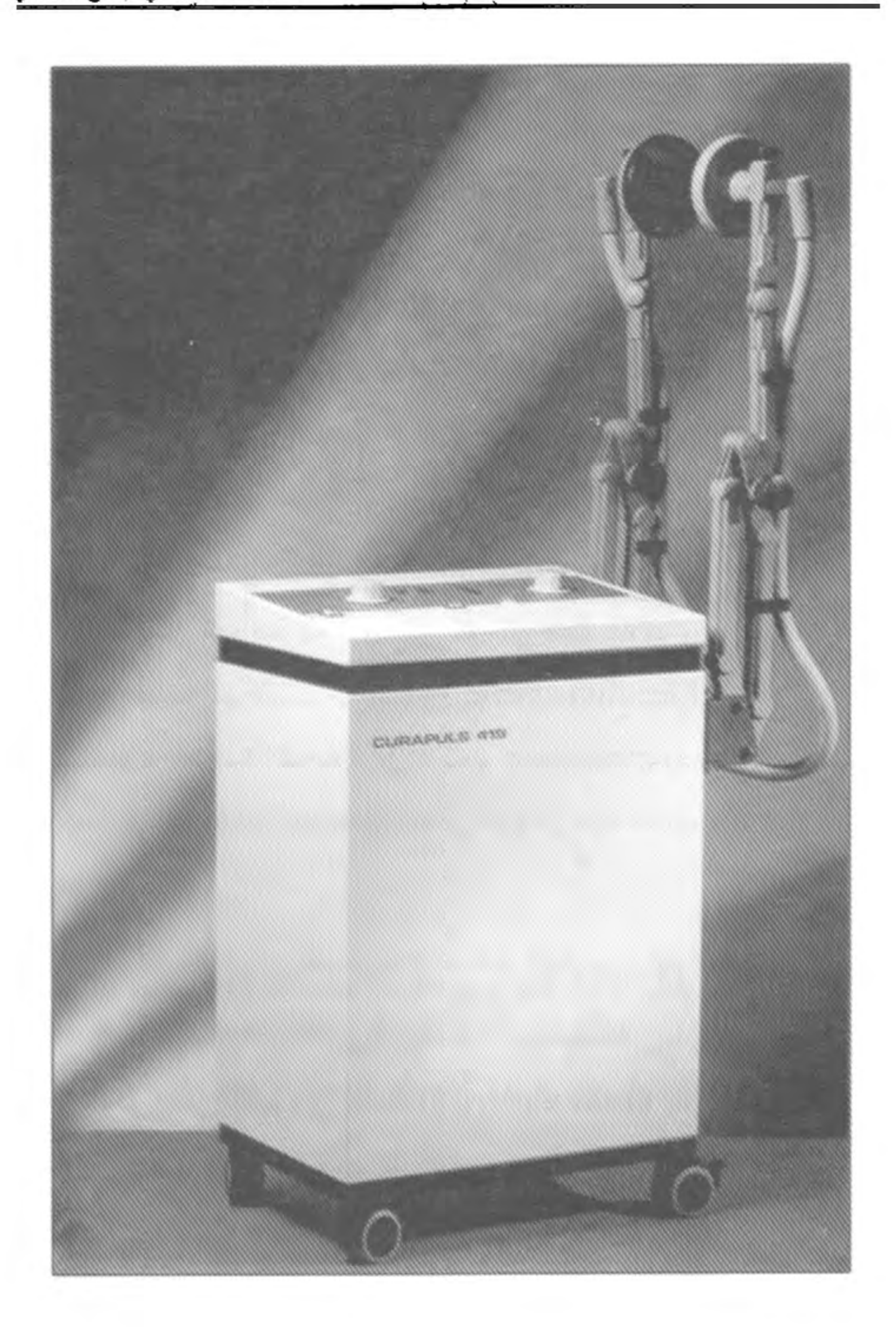
ويتأثر تردد الذبذبات oscillation frequency في دارة المريض بنوع النسيج، وطريقة تطبيق الأقطاب، ووضع العضو المعالج.

وللحصول على التأثير الفعال، يجب أن تكون دارة المريض على رنين resonance مع دارة الجهاز، ويتم ضبطها إما يدوياً كما في بعض الأجهزة، أو آلياً كما في الأجهزة الحديثة.

1- التأثيرات الفيزيولوجية لتيار الإنفاذ الحراري physiological effects of diathermy current: عند تطبيق جسم حراري على الجلد أو بقربه، ستنتقل الحرارة إلى الجلد دون أن تصل بشكل كاف إلى الطبقات العميقة. ويؤدي تطبيق تيار مستمر منخفض الشدة بواسطة صفيحة معدنية للشعور بإحساس واخز، وإذا طبق بشدة أعلى ظهر التقلص العضلي، وزيادة الشدة بشكل أكبر تؤدي لحروق كيميائية chemical burn، ويظهر التقلص التكززي في حال زيادة التردد.

وعند استعمال تردد أكثر من 10.000 HZ يؤدي ذلك لإحساس المريض بدفء حراري، وبذلك يمكن إحداث الإحساس الحراري باستعمال تيار مرتفع التردد، ولا يحتاج لوضع الأقطاب على الجلد مباشرة عند استعمال تردد أكثر من 1000.000 HZ.

ولايؤدي مثل هذا النوع من التيار لإحداث تنبيه لأي من الأعصاب الحركية أو الحسية، ذلك لأن أقصر فترة موجه تستعمل لتنبيه الأعصاب 0.01 ميلي ثانية، بينما تكون عند تطبيق تيار تردده أكثر من 500 KHZ 0.001 ميلي ثانية، وبالتالي لن يكون هناك شعور مزعج أو حدوث تقلص عضلي، وبما أن التيار المطبق متناوب لن تكون هناك حروق كيميائية كما في التيار المستمر، وبالتالي يمكن استعمال شدة تيار أعلى في التردد المرتفع والحصول على التأثير الحراري.


CURAPULS

٢- طرق التطبيق Methods of application:

يتم إيصال الطاقة الكهربائية إلى المريض عن طريق الحقل الكهرطيسي Electromagnetic أو الحقل الكهربائي الثابت Electrostatic field وبذلك توجد طريقتان للتطبيق:

*** طريقة حقل المكثف condenser (capacitor)field**

*** طريقة حقل التحريض (الحث) induction field.**

وتتميز كل من الطريقتين بنوع الطاقة الصادرة ونوع الأقطاب المستعملة في التطبيق.

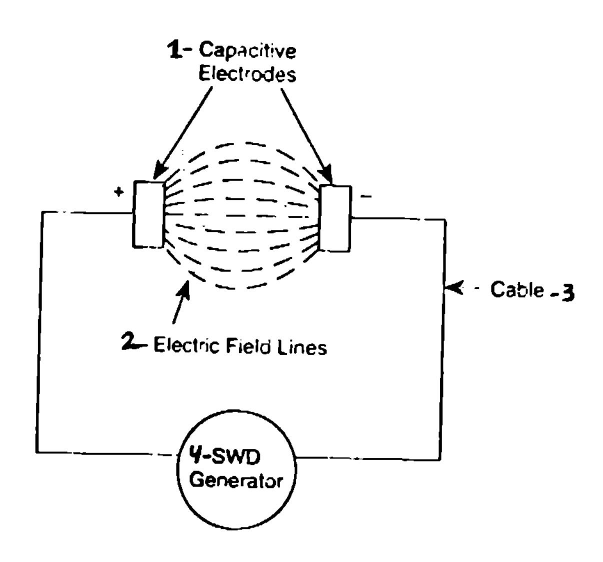
* طريقة حقل المكثف condenser field method:

يستعمل لهذه الطريقة مزود تيار كهربائي متناوب مرتفع التردد، يصدر طاقة كهرطيسية Electromagnetic energy عبر زوج من الأقطاب متعاكسة الشحنة تدعى المكثف condenser ويدعى كل قطب بصفيحة المكثف capacitor plate وهي جزء من دارة التذبذب الثانية (دارة المريض).

وتتغير شحنة كل قطب تبعاً لتردد التيار المتناوب، وتكون النتيجة نشوء حقل كهربائي قوي بين القطبين كما في الشكل (١-٢).

× تأثير الحقل الكهربائي Effect of the electrical field:

لا تكون قوة الحقل الكهربائي متجانسة، فهي أقوى بقرب الأقطاب، ثم تخف بالابتعاد عنها بسبب انحرافها، وبذلك ترتفع حرارة الجلد والنسج الشحمية تحته بشكل كبير، وبالتالي يجب وضع القطب على بعد (٢-٣سم) للسماح للحقل الكهربائي بالانحراف قبل أن يتركز في هذه المناطق.



الشكل (١-٢): يمثل الإنفاذ الحراري بطريقة حقل المكثف، ويبين حدوث الحقل الكهربائي بين الصفيحتين المختلفتين في الشحنة، وتشير المسافة بين خطوط الحقل الكهربائي إلى قوة الحقل حيث تكون أقوى بقرب الصفيحتين.

١- أقطاب المكثف.

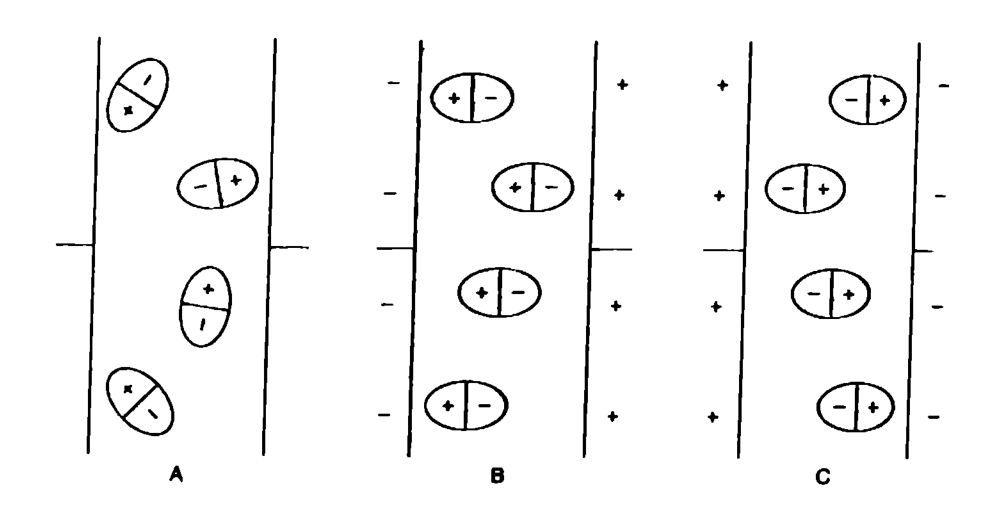
٢- خطوط الحقل الكهربائي.

٣- كيبل.

٤- جهاز S.W.

يعمل الحقل الكهربائي على تحريك الأيونات Ions والجزيئات ثنائية القطب dipole molecules (وهي جزيئات تحتوي على نهايتين ذات شحنة متعاكسة) عند وضع العضو بين القطبين، وتغيير اتجاهها بتغير شحنة المكثف، وبالتالي تتناسب حركة هذه الجزيئات مع تردد التيار المتناوب.

في الحالة العادية تكون هذه الجزيئات متوزعة بشكل عشوائي ضمن النسج، وفي حال تطبيق الحقل الكهربائي تغير اتجاهها بما يتناسب مع شحنة كل قطب كما في الشكل (١-٣)، وبذلك تؤدي الحركة الذبذبية السريعة للأيونات والجزيئات ثنائية القطب بما يتناسب مع الحقل الكهربائي لزيادة الطاقة الحركية kinetic energy وبالتالي زيادة حرارة النسج.



الشكل (١-٣): يبين الجزيئات ثنائية القطب Dipole molecules:

A- الوضع العشوائي للجزيئات عندما تكون الأقطاب غير مشحونة.

B- , C- دوران الجزيئات نحو الأقطاب بحسب شحناتها وشحنة الأقطاب.

* رفع حرارة النسج التفـــاضلي Differential heating of the tissues:

تتشابه استجابة النسج إلى حد ما مع استجابة النواقل الكهربائيـــة عنـــد مرور التيار عبرها، وتشكل خصائص خطوط الحقل الكهربائي وتوزعها الأساس للمبادئ التالية:

- يميل الحقل الكهربائي للانتشار بين القطبين، ويكون أقـــوى بقـــرب الأقطاب، وبذلك ترتفع حرارة النسج السطحية القريبة من الأقطاب أكثر مـــن النسج العميقة.

- تجتاز خطوط الحقل الكهربائي المواد ذات ثابت العـزل* dielectric constant المرتفع بسهولة أكبر من اجتيازها للمواد ذات ثابت العزل المنخفض.

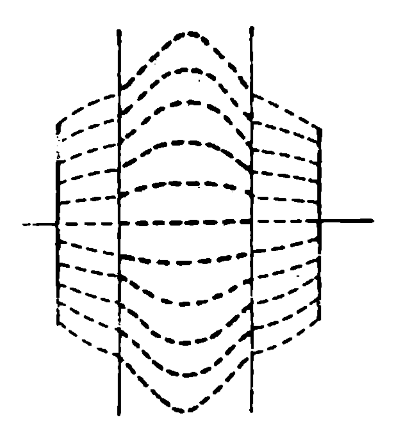
تمتلك النسج ثابت عزل قيمته ٨٠، لذلك تمتلك تأثير هام في توزع الحقل الكهربائي، وتختلف قيمة الثابت تبعاً لنوع النسج، فالنسج ذات المقاومة المرتفعـة (النسيج الشحمي، النسيج الأبيض الليفي) تمتلك ثابت عزل منخفـــض، بينمـــا النسج ذات المقاومة المنخفضة (الدم- العضلات وهي تحتوي على كميات كبـيرة من الكهارل) تمتلك ثابت عزل مرتفع.

تجتاز خطوط الحقل الكهربائي النسج بسهولة كبيرة، وهي تنتشر بكـــثرة حالما تجتازها كما في الشكل (١-٤)، وهذا يزيد ميل ارتفاع حـــرارة النســـج السطحية بشكل أكبر من العميقة.

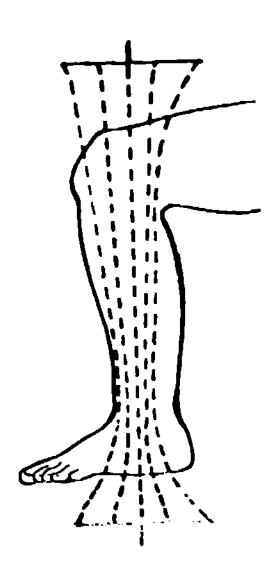
وعندما يكون المقطع العرضي للجزء المعالج أصغر من مساحة القطب تميل خطوط الحقل الكهربائي للتمركز في النسج أكثر من الهواء وبالتـــالي ارتفـــاع حرارتها بشكل أكبر كما في الشكل (١-٥).

---

* ثابت العزل dielectric constand: هو نسبة سعة مكثفة يفصل بين لبوسيها المادة العازلة وبين سعتها عندما يفصل الخلاء بين لبوسيهما وهو عدد مجرد لا واحدة له.



الشكل (١-٤): يبين انتشار خطوط الحقل الكهربائي عبر النسج



الشكل (١-٥): يبين تركيز خطوط الحقل الكهربائي في منطقـــة الكـــاحل وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.

- يتأثر توزع خطوط الحقل الكهربائي بحسب طريقة اتصال النسج مع بعضها بالنسبة لخطوط الحقل التي تجتازها.

في الدارات الكهربائية يوجد نوعان للوصل، وصل على التسلسل series-circuit حيث تكون شدة التيار متساوية في أي جزء من الدارة، والوصل على التوازي (التفرع) parallel circuit حيث تختلف شدة التيار بين أجزاء الدارة، ويميل التيار لاجتياز الجزء الأقل مقاومة.

وفي الجسم يوجد أيضاً مثل هذه الدارات، تتصل مع بعضها على التسلسل وعلى التفرع بآن واحد.

فالجلد skin، والنسيج الشحمي تحته fat tissue يتصلان مع بعضهما على التسلسل، بينما تتصل العضلات muscles، الدم Blood، الأوتار Tendon مع بعضها عل التفرع كما في الشكل (١-٦).

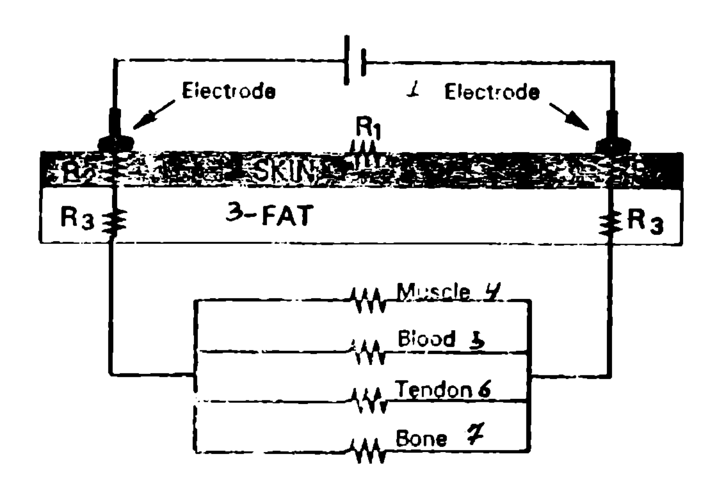
ووفقاً لقانون جول الحراري تتناسب كمية الطاقة المتحولة إلى حرارة (H) مع مربع شدة التيار (I^2) ومقاومة الناقل R وزمن مرور التيار t.

$$H=I^2 Rt$$

وبتطبيق هذا القانون، وباعتبار أن الشدة ثابتة، يمكن نظرياً التنبؤ بأي النسج أكثر ارتفاعاً في درجة الحرارة.

في حالة الوصل على التسلسل تعد النسج ذات المقاومة الأكبر، الأكثر ارتفاعاً في درجة الحرارة.

فمثلاً النسج الشحمية fat tissues ذات مقاومة مرتفعة نسبة للعضلات أو الدم لذلك ترتفع حرارتها بشكل أكبر ويبدو هذا واضحاً في المنحني التالي (شكل ١-٧).



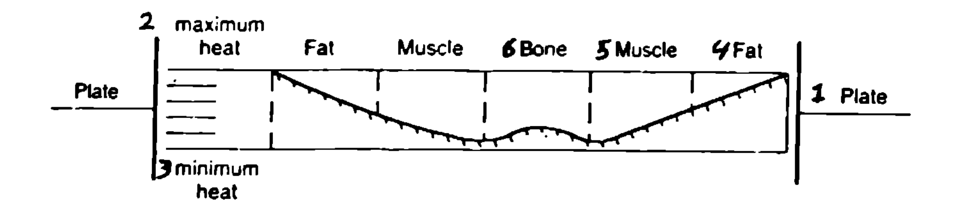
الشكل (١-٦): بين كيفية اتصال النسج مع بعضها كما لو أنها مقاومـــات في دارة كهربائية.

حيث يتصل الجلد والطبقة الشحمية على التسلسل، بينما يتصل العضلات، الـــدم، الأوتار، العظم مع بعضها عل التفرع، يوفر النسيج العضلي والدم مقاومة أقـــل للتيار الكهربائي من الجلد والشحم.

R1=المقاومة على الجلد.

R2=المقاومة خلال الجلد.

R3=المقاومة خلال الشحم.

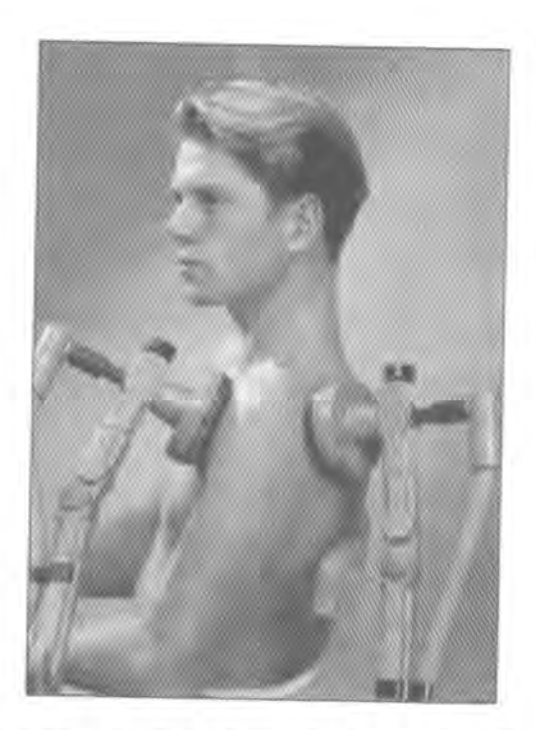


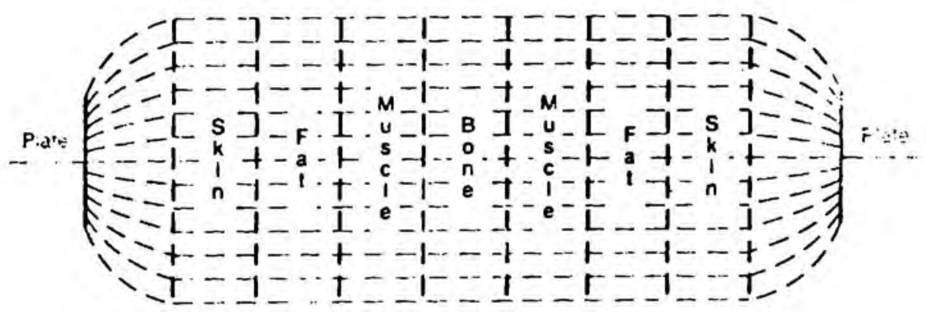
الشكل (١-٧): يبين المنحني البياني توزع الحرارة في النسج المختلفة عند تطبيق طريقة الوصل على التسلسل وبرغم ارتفاع حرارة النسج العميقة إلا أن الحرارة تكون مرتفعة بشكل أكبر في النسج الشحمية.
١- قطب.
٢- الحرارة العظمى.
٣- الحرارة الصغرى.
٤- الشحم.
٥- العضلات.
٦- العظم.

وتطبق طريقة الوصل على التسلسل بوضع العضو بين القطبين بحيث تكون خطوط الحقل الكهربائي متعامدة مع النسج التي تجتازها كما في الشكل (١-٨). تسمى هذه الطريقة بطريقة تقابل الأقطاب contraplanar positioning of electrodes.

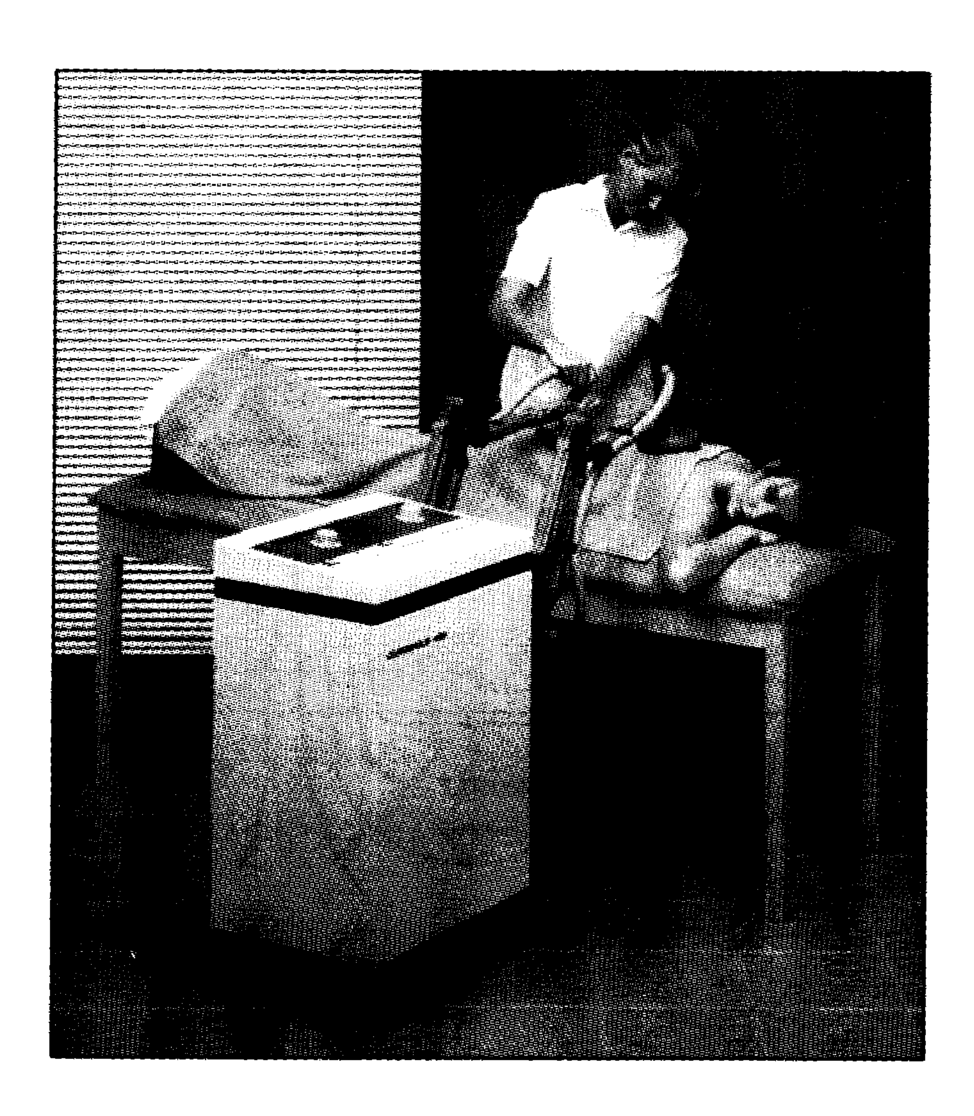
وهي الطريقة المفضلة خصوصاً لعلاج النسج العميقة

وفي حال تطبيق طريقة الوصل على التفرع، وذلك بوضع الجزء المعالج تحت الأقطاب، يختلف نموذج التسخين، ذلك لأن خطوط الحقل تجتاز الطريق الأقل مقاومة، وبذلك ترتفع حرارة النسج المنخفضة المقاومة بشكل أكبر.





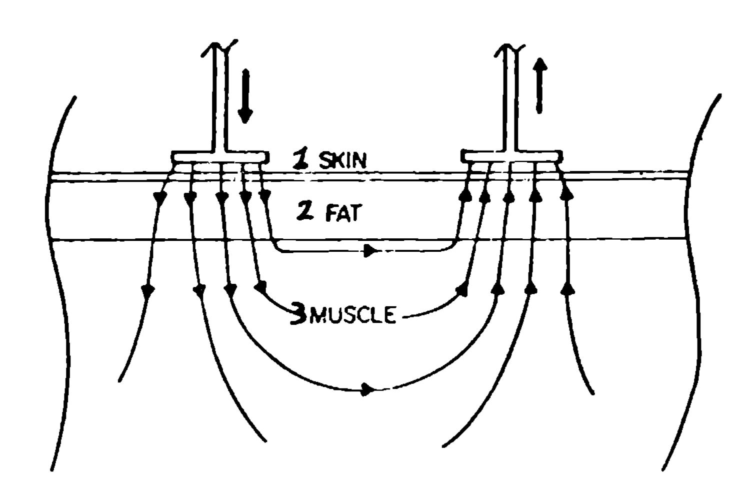
الشكل (١-٨): يبين مثالاً نظرياً للحقل الكهربائي الناتج عن تطبيق تيــــار مرتفع التردد، وبافتراض أن شدة التيار ثابتة فـــي كــل النســج، تتصــل صفيحتي المكثف على التسلسل مع أنسجة الجزء المعالج.
لاحظ انتشار خطوط الحقل الكهربائي في المسافة الكائنة بين القطب والجلد، وأن كثافة الحقل تحت القطب أكبر من الكثافة على الجلد.



وضع الأقطاب بطريقة التوازي

تدعى هذه الطريقــة بطريقــة الوصــل علــى التــوازي coplanar positioning of electrodes وبرغم أن الحرارة سطحية في هذه الطريقــة نسبة لطريقة التقابل إلا أنها مفيدة في علاج حالات معينة مثل علاج آلام وســط واسفل الظهر الناجمة عن أسباب عضلية كما في الشكل (١-٩).

كذلك تفيد هذه الطريقة في علاج النسج السطحية عند وجود عوامــل تحول دون تطبيق الأقطاب مباشرة فوق المنطقة المصابة مثل وجود بثــور boils، حيث تتركز خطوط الحقل في قمة البثرة إضافة إلى أن القيح يمتلك ثابت عــزل مرتفع مما يزيد من تركيز الحقل الكهربائي.



الشكل (١-٩): يبين طريقة تطبيق الأقطاب على التوازي وفعاليتــها فــي علاج النسج السطحية.

١- الجلد.

٢- الشحم.

٣- العضلات.

أو عند فقد الإحساس الجلدي الذي يحول دون تطبيق القطب مباشرة فوق هذه المنطقة، كذلك عند الرغبة في علاج النسج السطحية وتجنب النسج العميقة مثل وجود خراج حاد بعد عمل جراحي في البطن.

وبرغم فائدة طريقة التشبيه بالدارات الكهربائية في شرح كيفية توزع الحرارة، إلا أن الأمر أكثر تعقيداً، فالاختلاف الأساسي الموجود في الوصل بين خطوط الدارة الكهربائية وأنسجة الجسم، أنه لا تكون قوة الحقل وبالتالي كمية التيار المارة ضمن الجسم بشكل متساوي في كل مكان.

ذلك لأن خطوط الحقل الكهربائي تنحرف كلما ابتعدت عن الأقطاب، وبالنسبة للخصائص الكهربائية للنسج المختلفة.

فمثلاً تكون درجة انحراف خطوط الحقل الكهربائي في النسج الشحمية أقل بكثير منها في النسج المحتوية على كميات كبيرة من السوائل مثل العضلات.

كذلك في أعضاء الجسم الضيقة مثل الرسغ wrist والكاحل ankle تنحرف خطوط الحقل للتركز في هذه المناطق، وبالتالي زيادة قوة الحقل والحصول على تأثير حراري أكبر، الشكل (١-٥).

هذا وبالإضافة إلى أن النسج لا تشكل طبقات متصلة مع بعضها بشكل دقيق تماماً كما في الدارات الكهربائية، فلدى تطبيق التياز سيمر أولاً بالجلد ثم بالطبقة الشحمية وهي متصلة مع بعضها على التسلسل وبعد ذلك تجتاز النسج الأقل مقاومة كما في الشكل (١-٦).

* ضياع الحرارة **Heat loss**:

تفقد الحرارة من منطقة التطبيق بعدة طرق، فمثلاً يعمل الدم على نقل الحرارة إلى المناطق المجاورة، ويحدث هذا بشكل خاص في المناطق الوعائية vascular areas، وحالما ترتفع الحرارة تأخذ الأوعية بالتوسع dilate وبالتالي زيادة الفعالية، ولهذا السبب ينبغي تطبيق جميع الوسائل المستعملة بسبب تأثيرها الحراري بشكل تدريجي، للمحافظة على مستوى ثابت من التوسع الوعائي، وارتفاع الحرارة للمستوى المطلوب، والحد من ضياع الحرارة.

وفي حال وجود أي عائق لانتقال الدم، تتركز الحرارة في منطقة التطبيق، ويمكن أن يتسبب هذا بالضرر في حالة الارتفاع الزائد في درجة الحرارة.

وتفقد الحرارة أيضاً بوساطة اتصال النسج مع بعضها، حيث تنتقل الحرارة إلى النسج المحيطة لمنطقة التطبيق، وتفقد أيضاً عن طريق التعرق، وإلى حد ما عن طريق الإشعاع الناجم عن التوسع الوعائي وانتقال الحرارة إلى السطح كما في الشكل (١-١٠).

وللحصول على حرارة عميقة يجب الانتباه لعدم رفع حرارة الجلد بشكل كبير، لأن الإحساس الحراري يحد من تحمل التيار، وفي معظم الحالات يجب أن يكون الهدف الحصول على حقل متعادل قدر الإمكان بين النسج السطحية والنسج العميقة.

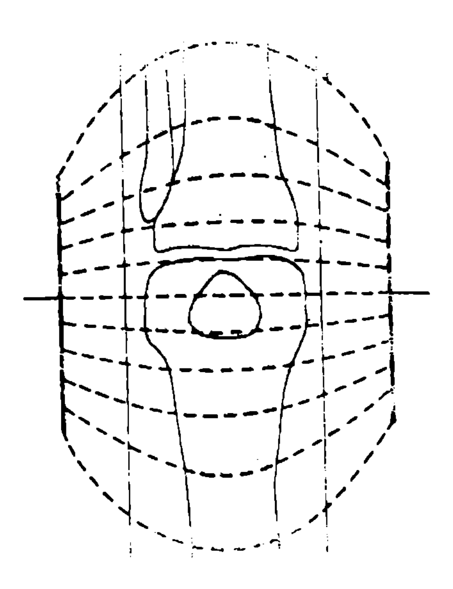
الشكل (١-١٠): يبين عملية انتقال الحرارة في أوعية الذراع البشري عندما توضع في بيئية من درجة حرارة (١٠°C) وبيئة من درجة حرارة (٣٠°C).

في البيئة الباردة (١٠°C) يجري الدم في الأوعية العميقة، وتستمد الأوردة حرارتها من الشرايين العميقة التي تكون حرارتها مرتفعة أكثر من الأوردة، وبذلك تحد من ضياع الحرارة.

في البيئة الحارة (٣٠°C) يجري الدم في الأوعية السطحية ليزيد من فقد الحرارة الزائدة.

لاحظ كيفية توزع الأوردة في كل من الحالتين.

١- الأوردة المترافقة. ٢- الشريان العضدي. ٣- الشريان الكعبري. ٤- اتجاه الحرارة. ٥- اتجاه الدم.



الشكل (١-١١): يبين توضع المفصل وهو المستهدف في العلاج في الجزء المركزي المنتظم من الحقل.

* **حجم الأقطاب size of electrodes:**

تمتلك النسج ثابت عزل dielectric constant أكبر من الهواء، مما يعني سهولة انتشار خطوط الحقل الكهربائي ضمنها وخصوصا في الحواف، وبالتالي زيادة كثافة الحقل وارتفاع حرارة النسج السطحية أكثر من العميقة، ويلعب حجم الأقطاب دور هام في كيفية توزع الحرارة.

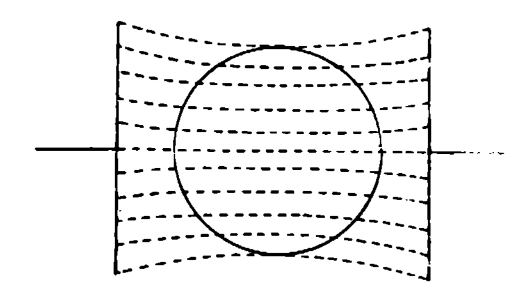
بشكل عام يجب أن يكون حجم الأقطاب أكبر قليلا من حجم المنطقة المعالجة، بحيث تتوضع في الجزء المركزي الأكثر انتظاما من الحقل كما في الشكل (١-١١) أما الانتشار الخارجي لخطوط الحقل حيث يكون كبيرا لا يقصد الاستفادة منه.

وفي علاج الأطراف يجب أن يكون قطر القطب أكبر بقليل من قطر الطرف المعالج ذلك لأنه:

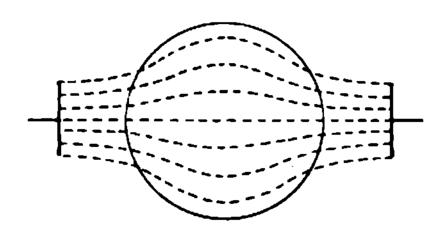
- إذا كان قطر القطب أكبر بقليل من قطر الطرف المعالج، فإن خطوط الحقل الكهربائي تنحني باتجاه الطرف، بسبب ثابت العزل المرتفع للنسج كما في الشكل (١-١٢).

- إذا كان قطر القطب أصغر من قطر الطرف المعالج، فإن خطوط الحقل الكهربائي تنتشر في النسج السطحية بشكل كبير مسببة ارتفاع حرارتها بشكل أكبر من النسج العميقة الشكل (١-١٣)

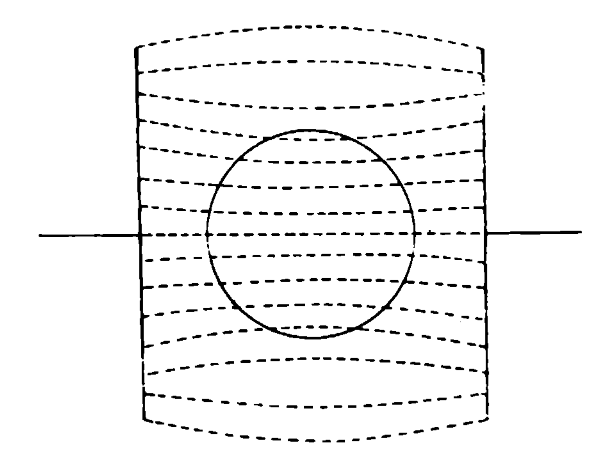
- إذا كان قطر القطب أكبر بكثير من قطر الطرف المعالج، فإن كمية من الطاقة سوف تضيع في الهواء دون الاستفادة منها الشكل (١-١٤).



الشكل (١-١٢): يبين الحجم الصحيح للأقطاب، وكيفية انحراف الحقل باتجاه الطرف.



الشكل (١-١٣): يبين صغر حجم الأقطاب، وانتشار الحقل في النسج السطحية وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.



الشكل (١-١٤): الأقطاب الكبيرة كثيرا وضياع قســم مــن الطاقــة دون استفادة منها.

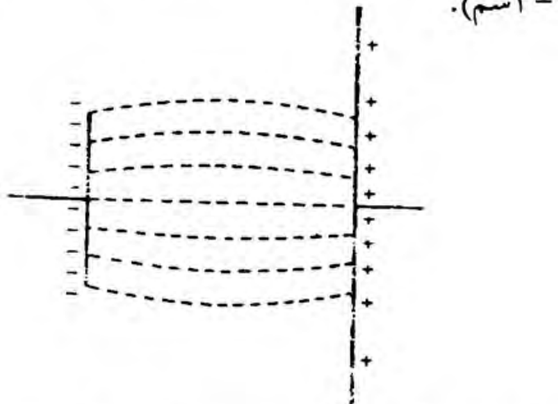
وفي علاج الجذع يجب أن تكون الأقطــاب كبــيرة قــدر الإمكــان، ويجب أن يكون القطبــان بنفــس الحجــم، لأن اختــلاف الحجــم يــؤدي لاختلاف كمية الكهرباء اللازمة لشحن كل قطب لنفس الكمــون، وبالتــالي اختلاف الحمولة الكهربائية في الآلة وصعوبــة الضبــط، وتركــز الشــحنات في القطب الكبير بما يتوافق مع القطب الصغــيرة المقــابل، الشــكل (١-١٥) ويعتقد بهذه الطريقة أنه يمكن الحصول علــى تاثــير حــراري مختلــف تحــت كل قطب.

بينما يمكن الحصول على هذا التأثير بشكل أفضل بتغيير بعد القطب عــن الجلد، وبذلك لا توجد فائدة من استعمال أقطاب مختلفة الحجم.



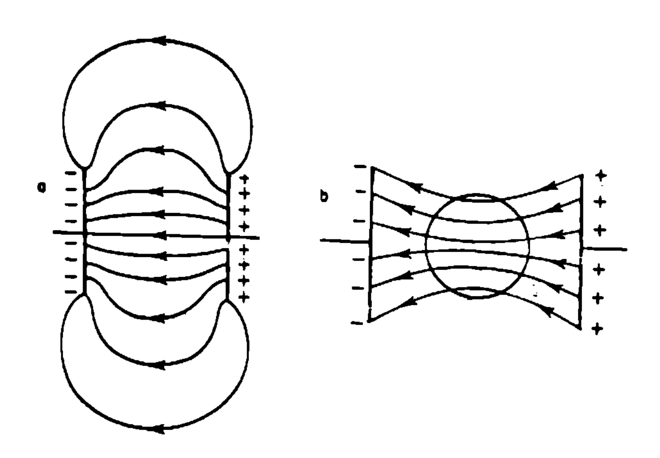
* **المسافة بين الأقطاب Electrode spacing:**

تتحدد المسافة بين الأقطاب والجلد بحسب المدى الذي يسمح به مخرج الجهاز، وأن تكون بأوسع مجال، ويجب أن تكون المواد الفاصلة بين الأقطاب والجلد ذات ثابت عزل منخفض، ويعتبر الهواء الأفضل بينها، ويجب أن لا تقل المسافة عن (٢-٣سم).



الشكل (١-١٥): يبين أقطاب بأحجام مختلفة وتركز الشحنات في القطب الكبير.

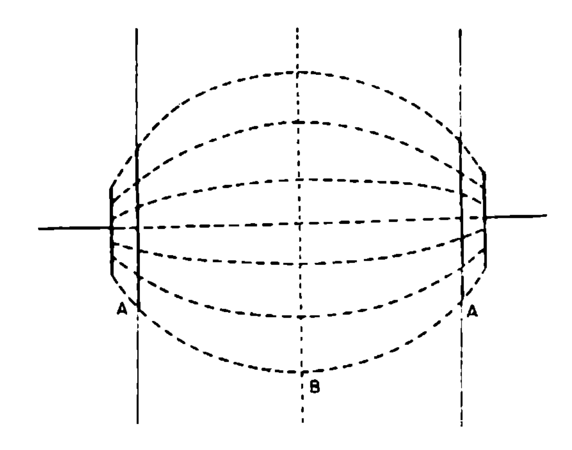
عند شحن صفيحتي المكثف تنتشر خطوط الحقل الكهربائي بينها، وخصوصاً إذا قصرت المسافة بينهما، وكانت المواد الفاصلة بينها ذات ثابت عزل مرتفع كما في الشكل (١-١٦).



الشكل (١-١٦):
a- انتشار خطوط الحقل الكهربائي بين صفيحتي المكثف.
b- الحد من الانتشار الخارجي لخطوط الحقل الكهربائي تبعيد المسافة بين الأقطاب.

وللحد من الانتشار الخارجي للحقل الكهربائي، يجب تبعيد المسافة بين الأقطاب، ويفيد أيضاً استعمال مواد ذات ثابت عزل منخفض.

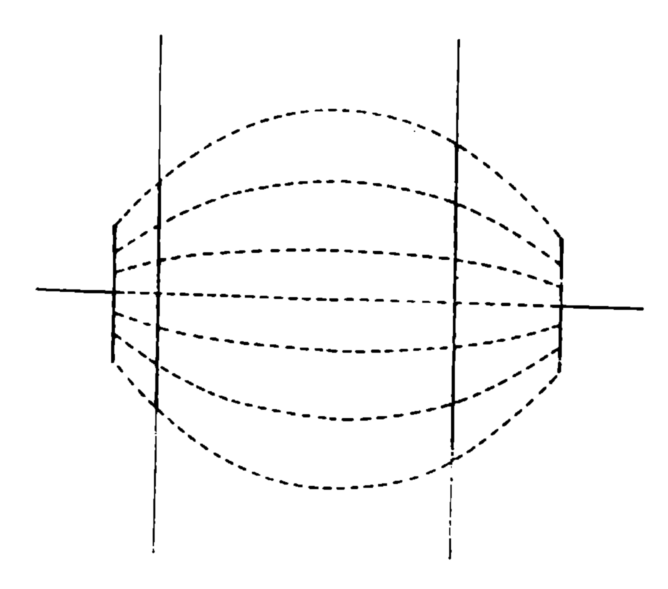
يكون تركيز الحقل أكبر ما يمكن بقرب الأقطاب، مما يعني ارتفاع حرارة النسج السطحية (المنطقة A في الشكل ١-١٧) أكثر من النسج العميقة (المنطقة B في الشكل (١-١٧) عند تقريب الأقطاب من النسج، بينما بزيادة المسافة، لا تقع الأنسجة ضمن المدى المركز للحقل، وبذلك يقل الاختلاف في تركيز الحقل بين النسج السطحية والنسج العميقة.



الشكل (١-١٧): يبين المقارنة في توزيع الحقل وبالتالي الحرارة بين النسج السطحية والنسج العميقة.

تختلف المقاومة بين السنج، لكن إذا كانت المقاومة الكلية للمسلك مرتفعة نسبيا، فإن تأثير هذا الاختلاف يصبح محدودا، لذلك يكون توزع الحقل نسبيا متعادل.

وفي حال اختلاف بعد كل من القطبين عن الجلد، يكون التأثير الحراري أكبر تحت القطب الأقرب كما في الشكل (١-١٨) وسبب ذلك وجود فرصة لانتشار خطوط الحقل على منطقة واسعة من الجلد تحت القطب البعيد، بينما تتركز تحت القطب القريب، وتفيد هذه الطريقة في حالات معينة للحصول على تأثير حراري في مكان أكثر من آخر، مثل علاج مفصل الورك حيث تختلف كثافة النسج حول المفصل، بحيث تكون كبيرة في المنطقة الأليوية بينما أقل في المنطقة الأمامية، لذلك تكون المسافة في المنطقة الأمامية أقل منها في المنطقة الأليوية لمنع تركيز الحرارة في هذه المنطقة.



الشكل (١-١٨): يبين عدم تساوي المسافة بين القطبين بالنسبة للجلد، وتركيز خطوط الحقل الكهربائي تحت القطب الأقرب.

- **وضع الأقطاب position of electrodes:**

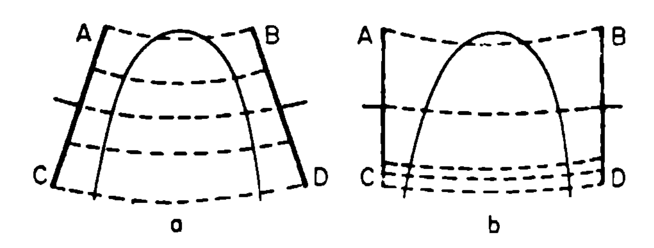
يحدد وضع الأقطاب بحسب الهدف المرجو من توجيه خطوط الحقل الكهربائي إلى المنطقة المعالجة، وطبيعة هذه المنطقة وذلك كما يلي:

أ- إذا كانت المنطقة المصابة ذات مقاومة مرتفعة (النسج الشحمية، الأربطة) توضع الأقطاب بطريقة التقابل contraplanar

- إذا كانت المنطقة المصابة ذات مقاومة منخفضة (العضلات، الدم) توضع الأقطاب بطريقة التوازي **coplanar**.

ب- يجب أن تكون الأقطاب موازية تماما للأنسجة، وإلا سيؤدي خلاف ذلك لتركيز خطوط الحقل الكهربائي في الجزء الأقرب من القطب، وأن تكون المادة الفاصلة بين الجلد والأقطاب ذات ثابت عزل منخفض للحيال دون امتصاصها لخطوط الحقل الكهربائي.

وفي بعض المناطق يؤدي تطبيق الأقطاب بشكل موازٍ للجلد لعدم توازي الأقطاب فيما بينها، واختلاف المسافة في بعض المناطق من الأقطاب كما في الشكل (١-١٩)، لكن هذا الأمر لا يؤثر على توزع خطوط الحقل ما دامت المسافة الزائدة تقع ضمن الأنسجة، ذلك لأن النسج تمتلك ثابت عزل مرتفع مما يعني انتشار خطوط الحقل عبرها بشكل أسهل، كذلك تزداد مقاومة الطريق الأطول قليلاً نسبة للطريق الأقصر.

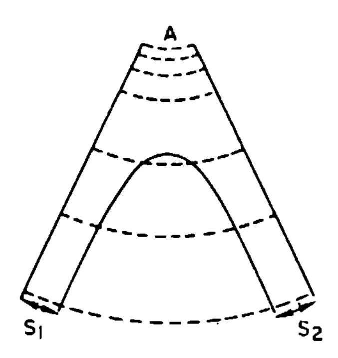


الشكل (١-١٩): يمثل الوجه الوحشي للكتف، حيث الجزء العلوي أضيق من السفلي، فإذا وضعت الأقطاب بشكل موازٍ للجلد تتكون زاوية خفيفة بين الأقطاب، لكن يتم الحصول على حقل منتظم بهذه الطريقة.

a- المسلك CD أطول من المسلك AB، لكن المسافة الزائدة تقع ضمن الأنسجة ولايؤثر ذلك على توزع خطوط الحقل الكهربائي ويمثل الوضعية الصحيحة.

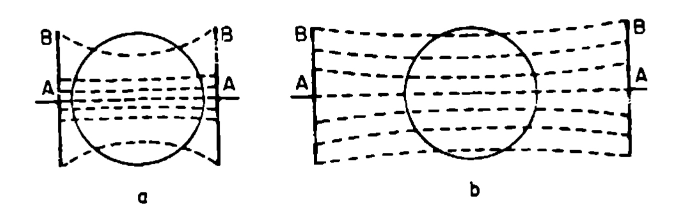
b- يوضع القطبان بشكل موازٍ لبعضهما، مما يعني أن المسلكان بنفس الطول، لكن الجزء الأكبر من المسلك AB يقع ضمن الهواء، مما يؤدي لتركيز خطوط الحقل بشكل أكبر في المسلك CD ويمثل الوضعية الخاطئة.

ج- يجب أن تكون المسافة بين القطبين أكبر من مجموع المسافة الكائنة بين كل قطب والجلد كما في الشكل (١-٢٠)، بحيث يؤدي خلاف ذلك لانتقال خطوط الحقل بشكل مباشر بين القطبين دون المرور ضمن الأنسجة.



الشكل (١-٢٠): يبين بأن المسافة الكائنة بين القطبين A أقل من مجموع المسافة الكائنة بين كل قطب والجلد (s_1+s_2).

د- توضع الأقطاب فوق مناطق منتظمة قدر الإمكان، لتجنب تركيز خطوط الحقل في الأجزاء البارزة. وفي حال عدم القدرة على تجنب ذلك، تزاد المسافة بين الأقطاب كما في الشكل (١-٢١).



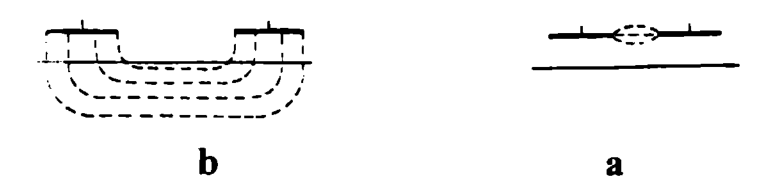
الشكل (١-٢١):

a-المسافة بين الأقطاب والجلد في المنطقة A أقل من نصف المسافة في المنطقة B مما يعني تركيز خطوط الحقل عندها بشكل أكبر.

b- وجود اختلاف أقل في المسافة بين المنطقتين A و B ونشوء حقل أكثر انتظاما.

هـ- عند تطبق الأقطاب بطريقة التقابل يمكن تغير وضعية الأقطاب بحيث لا تكون مقابلة لبعضها تماماً، على أن تكون موازية للجلد وأن لا تكون قريبة من بعضها بشكل كبير كما في الشكل (١-٢٤).

و- عند تطبيق الأقطاب بطريقة التوازي يجب ترك مسافة كافية بين القطبين لا تقل عن مساحة قطب، بحيث يؤدي خلاف ذلك لعدم مرور الحقل إطلاقاً خلال النسج كما في الشكل (١-٢٣)



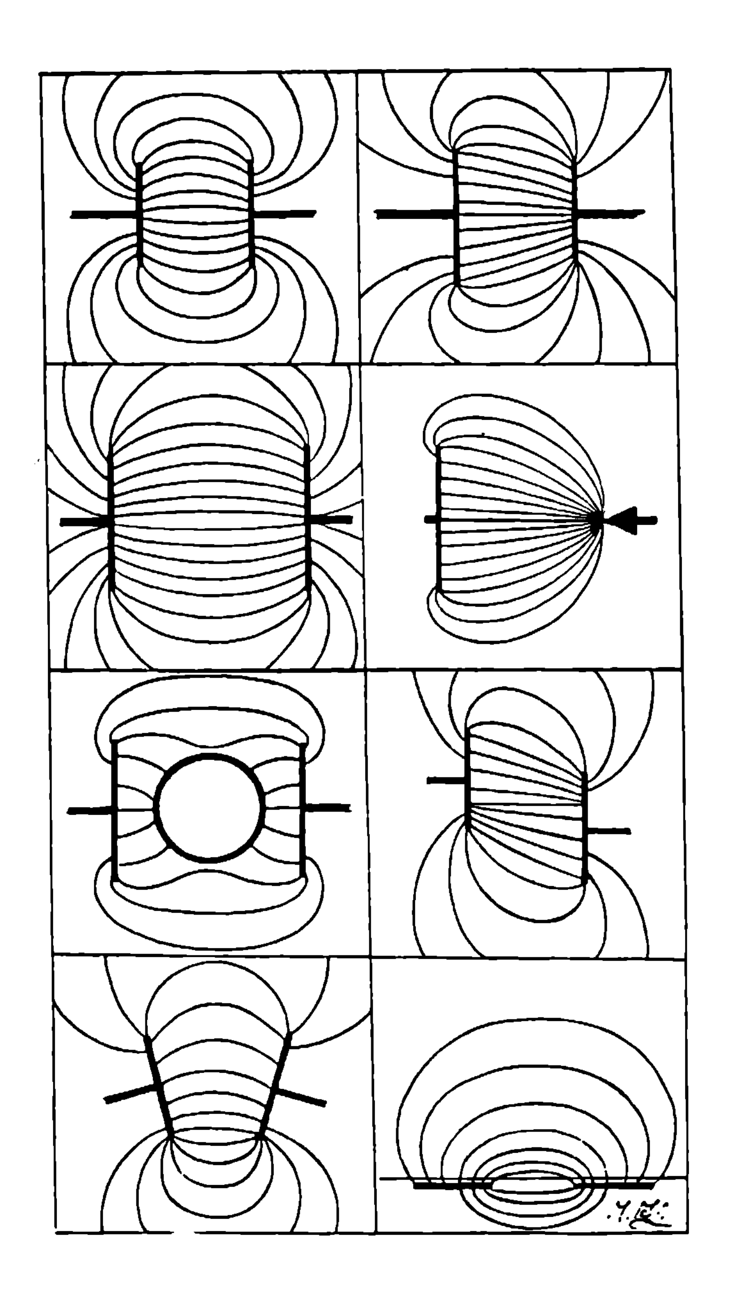
الشكل (١-٢٣): تطبيق الأقطاب بطريقة التوازي.
a- الوضع الصحيح.
b- الوضع الخاطئ يؤدي لنشوء حقل بين القطبين وعدم المرور في الأنسجة.

- **العلاج الحراري المتصالب cross-fire treatment:**

تقسم المعالجة بهذه الطريقة لمرحلتين، تطبق الأقطاب لنصف الوقت باتجاه معين، ثم تطبق بوضع متصالب مع الوضع الأول في النصف الثاني من الوقت.

مثلاً:

في علاج مفصل الركبة تطبق الأقطاب لنصف الوقت على الوجه الوحشي والوجه الأنسي، ثم تطبق على الوجه العلوي والوجه السفلي في النصف الثاني من الوقت.



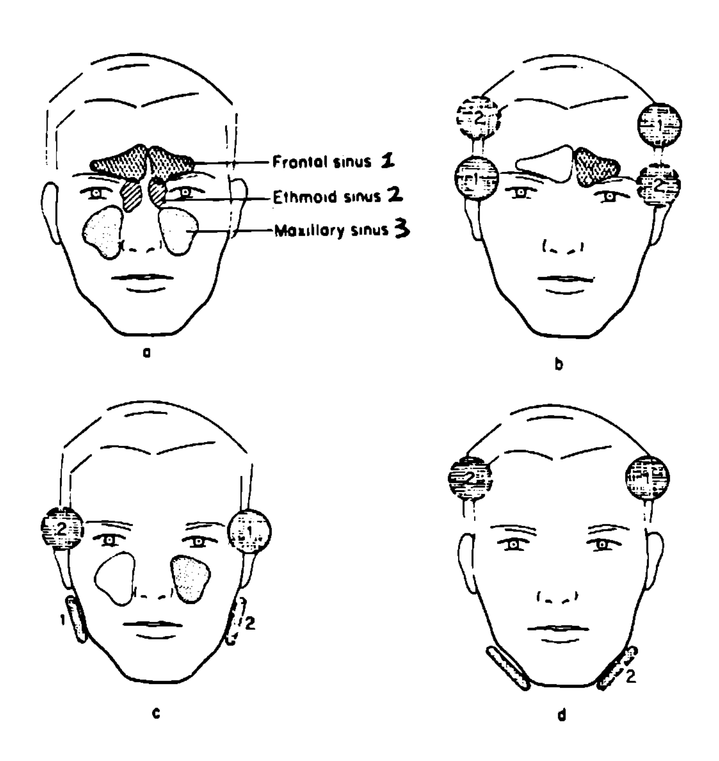
الشكل (١-٢٤): يبين الحقل الناجم عن الوضعيات المختلفة للأقطاب.

تفيد هذه الطريقة في علاج جدران التجاويف المملـــوءة بـــالهواء مثـــل الجيوب الجبهية frontal sinus، الجيوب الأنفية ethmoid sinus، الجيـــوب الحنكية maxillary sinus كما في الشكل (١-٢٥).

ذلك لأن خطوط الحقل الكهربائي تتجنب المرور ضمن هذه التجـاويف، بسبب ثابت العزل المنخفض للهواء الموجود ضمنها، وبالتالي لا تتعرض جـــدران التجاويف المواجهة للأقطاب للعلاج (المنطقة X) في الشكل (١-٢٦)، ومـــن أجل علاج هذه المناطق يجب تغيير وضع الأقطاب بشكل متصالب مع الوضـــع الأول، الشكل (١-٢٦).

ويجب إزالة العدسات اللاصقة contact lenese في حال وجودهـــا ، لأن الحرارة تؤثر بها، ويمكن أن تؤدي لإذابتها.

وتفيد طريقة العلاج الحراري المتصالب في عـــلاج المنـــاطق العميقـــة، خصوصا الموجودة ضمن مناطق غنية بالأوعية الدموية مثل منطقة الحـــوض، في هذه الحالة تمتلك النسج ثابت عزل مرتفع والمقطع العرضي للمنطقة الحوضية أكبر من حجم الأقطاب، لذلك يكون انتشار الحرارة السطحي أكثر مـــن العميـــق، وبتمرير خطوط الحقل ضمن المنطقة باتجاهين،تتعرض النسج العميقة (المنطقـــة X في الشكل ١-٢٧) للحقل الكهربائي ضعف ما يتعرض له الجلد.



الشكل (١-٢٥): العلاج الحراري المتصالب للجيوب.

يجب أن تكون المسافة بين الأقطاب والجلد في الجانب المصاب (٢سم تقريبا) أقل منها في الجانب السليم (٣سم تقريبا)

a- توضع الجيوب: ١- الجيب الجبهي .

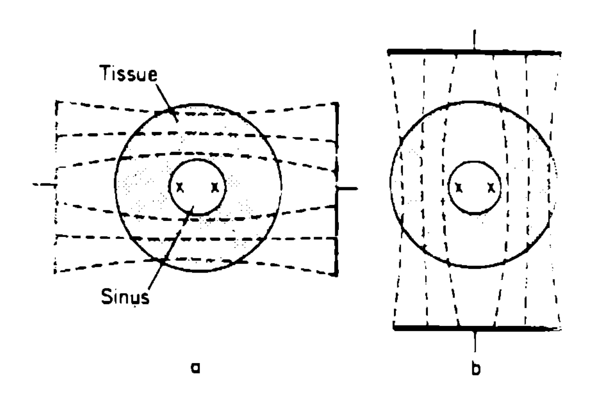
٢- الجيب الأنفي.

٣- الجيب الحنكي.

b- علاج الجيوب الجبهية، في الوضعية رقم (١) يوضع القطب الأول على الجزء الوحشي للجبهة forehead، بينما يوضع القطب الثاني على الوجنة cheek في الجانب الآخر من الوجه. بينما في النصف الثاني من الوقت، تطبق الأقطاب كما في الوضعية رقم (٢).

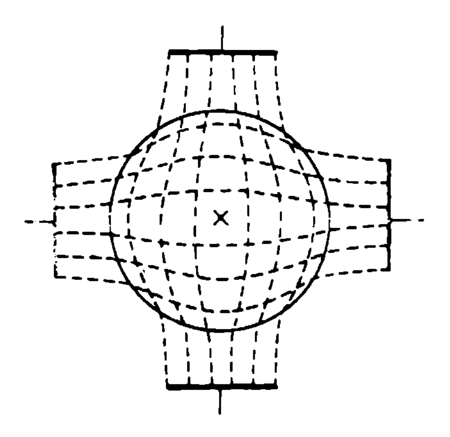
c- علاج الجيوب الحنكية، في النصف الأول من الوقت يوضع القطب الأول على الجزء الوحشي للوجنة، بينما يوضع القطب الثاني أسفل الأذن في الجانب الآخر من الوجه (الوضعية رقم ١) بينما في النصف الثاني من الوقت، تطبق الأقطاب كما في الوضعية رقم (٢).

d- علاج الجيوب جميعها بما فيها الأنفية، في النصف الأول من الوقت يوضع القطب الأول على الجزء الوحشي للجبهة، بينما يوضع القطب الثاني في الاتجاه المعاكس من الوجه أسفل زاوية الفك. الوضعية رقم (١) وفي النصف الثاني من الوقت، تطبق الأقطاب كما في الوضعية رقم (٢).



الشكل (١-٢٦): يبين العلاج الحراري المتصالب للجيوب.

المنطقة X تمثل جدران التجاويف التي لم تتعرض للعلاج في النصف الأول من الوقت (a) بسبب ثابت العزل المنخفض للهواء الذي يحرف اتجاه خطوط الحقل، بينما تتعرض للعلاج عند إدارة الأقطاب لزاوية ٩٠ (b).

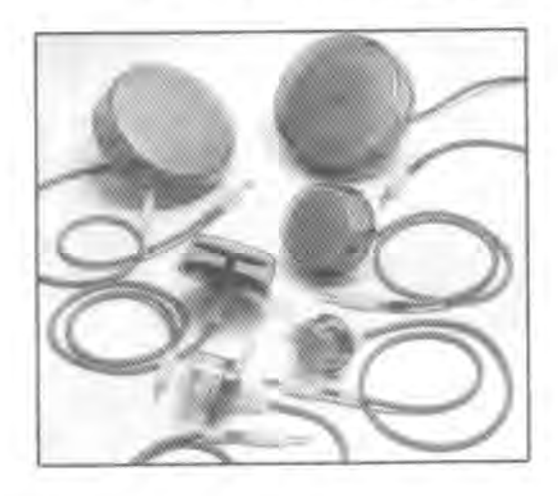


الشكل (١-٢٧): يبين العلاج الحراري المتصالب للنسج العميقة (X) الذي يجنب الحرارة الزائدة للجلد.

* أنواع الأقطاب **types of electrodes**:

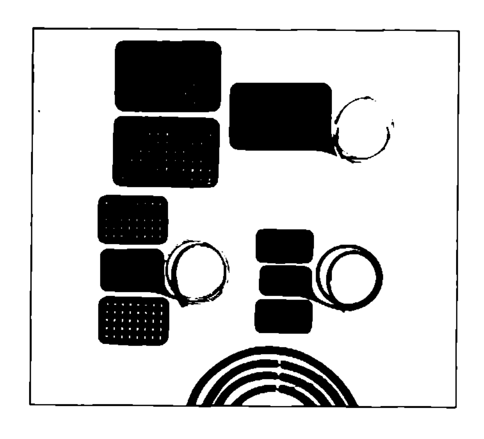
توجد أنواع متعددة من أقطاب المكثف، ولكن يتألف كل منـــها مـــن صفيحة معدنية metal plate محاطة بمادة عازلة.

- يتألف النوع الأول من صفيحة معدنية موجودة ضمن غطاء، يمكـــن التحكم بوضعيتها، وغالباً ما يكون دائري، وتصنع أقطاب خاصة للمناطق الغــير منتظمة مثل الإبط Axilla، تثبت هذه الأقطاب بوساطة ذراعين، ويمكـــن أن تلامس الأقطاب الجلد مباشرة أو بوجود بشكير، ومن المستحسن ترك مسافة بين الغطاء والجلد، لتأمين دوران هوائي (الشكل ١-٢٨).



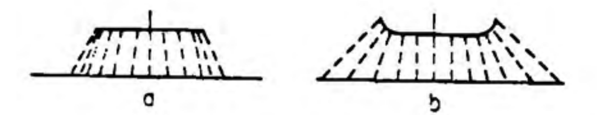
الشكل ١-٢٨

- يتألف النوع الثاني من صفيحة معدنية قابلـــة للطـــوي malleable metal plate، تغطى بطبقة رقيقة من المطاط، ويمكن تشكيلها بحسب الجســـم بشرط أن لا تطوى كثيراً كيّ لا تنكسر، وتفصل عن الجسم بطبقة من اللبــــاد المثقب perforated felt، تحتوي هذه الثقوب على الهواء، وتعتـــبر الأفضـــل كمادة فاصلة، إلا أن عيب هذه الطريقة استحالة استعمال الهواء بشكل كـــامل

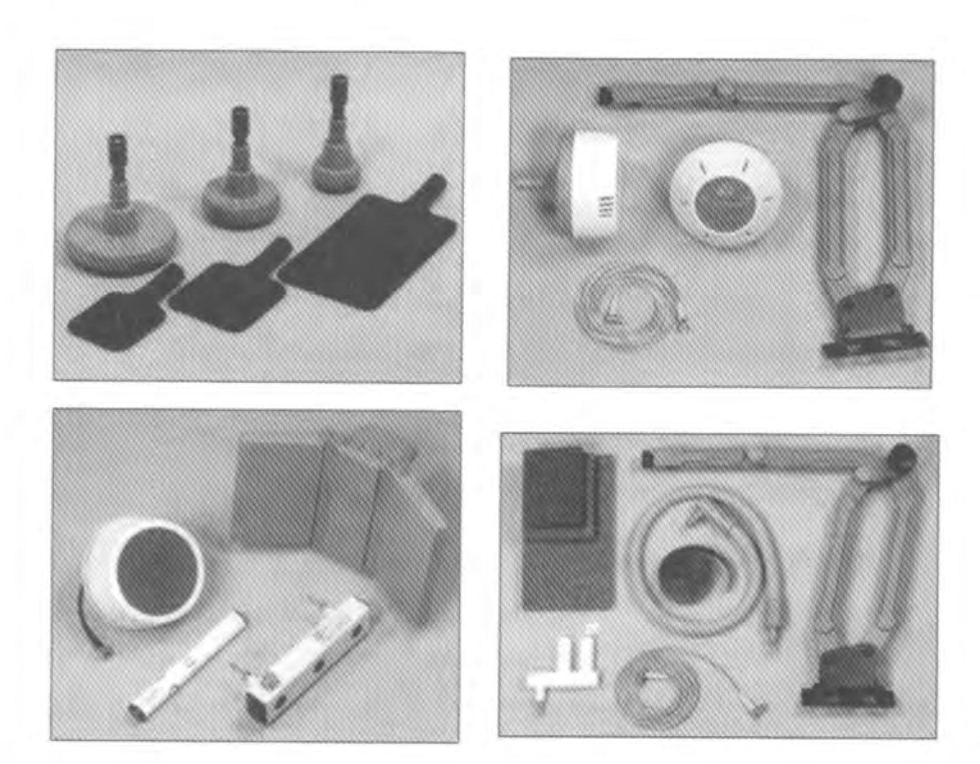


الشكل ١-٢٩

- يتألف النوع الثالث من صفيحة معدنية قاسية rigid metal plate تغطى بطبقة رقيقة عازلة إما المطاط أو البلاستيك، وكثيراً ما تكون هذه الصفيحة محدبة الأطراف الشكل (١-٣٠) وبذلك تزود حقل أكثر انتظاماً من الصفيحة المسطحة، ذلك لأن الشحنات الكهربائية تتركز على أطراف الناقل، وبذلك ينشأ حقل أكثر تركيزاً في هذه المناطق نسبة للمناطق الأخرى، بينما توجد مسافة أبعد عن الجلد في الجانب المحدب، وبذلك توجد فرصة لانتشار خطوط الحقل قبل أن تصل إلى الجلد، وتثبت هذه الأقطاب بذراع ويمكن تعديل وضعيتها وتفصل عن الجلد بوساطة الهواء.



الشكل ١-٣٠



عرض لنماذج مختلفة من الأقطاب والتوصيلات.

* طريقة حقل التحريض enduction field method:

التحريض الكهرطيسي electro magnetic هو العمليـــة الـــتي يتـــم بوساطتها إنتاج الكهرباء من المغناطيسية.

وهو ناتج عن التفاعل بين الناقل وخطوط الحقل المغناطيسي، والعوامـــل المسؤولة عن التحريض الكهرطيسي النـــــاقل aconductorخطـــوط الحقـــل المغناطيسي، الحركة النسبية لكل منهما.

وبحسب قانون فارادي الذي ينص على أن تيار كهربائي (يدعى التيـــار المتحرض) يمكن توليده فيٍّ دارة مغلقة إذا غيرنا التدفق المغناطيسي الذي يجتازهـــا (التدفق المحرض).

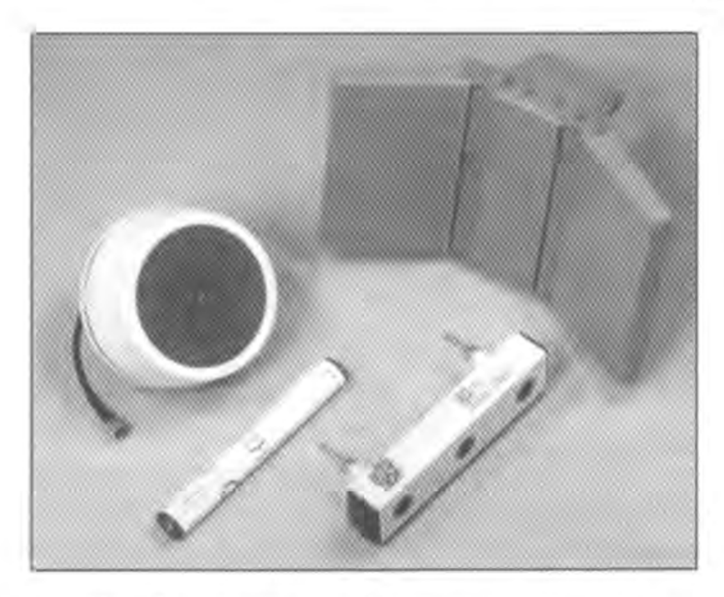
فإذا كان الناقل جزء من دارة مغلقة، تؤدي خطوط الحقل المغناطيســـي لنشوء قوة محركة كهربائية EMF بسبب حركة الكترونات الناقل وبالتالي نشوء تيار كهربائي.

تستعمل هذه الطريقة لإحداث تيارات مماثلة في الجسم والفرق بينها وبين طريقة الحقل المكثف، أنه في الطريقة الأولى يتم إنتاج حقل مغناطيســـي قـــوي بوساطة دارة المريض، يؤدي لتوليد تيار كهربائي ضمن أنسجة الجسم، بينمـــا في الطريقة الثانية يتوضع الجسم بين خطوط الحقل الكهربائي الناشئة عن صفيحـــتي المكثف.

وتطبق طريقة التحريض إما باستعمال قطب مفرد، أو عن طريق كبـــل كهربائي Cable.

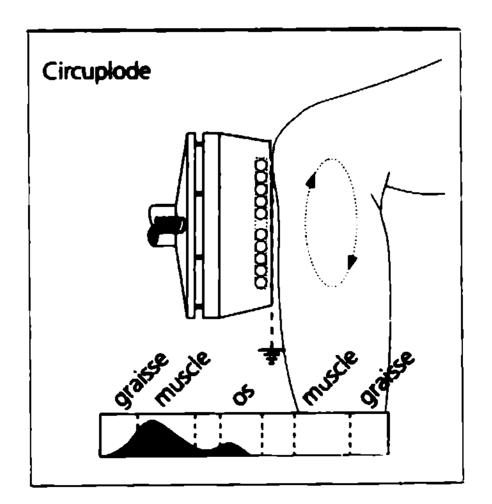
* **القطب المفرد monode electrode:**

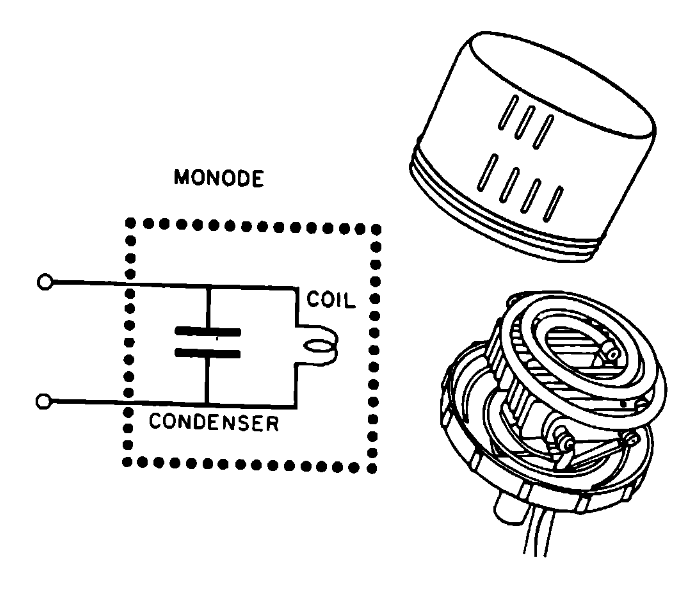
ويوجد له نوعان، قطب يدعى الطبل Drum، يحتوي بداخله على ملف كما في الشكل (١-٣١A) وآخر مزدوج يحتوي على مفاصل hinged diplode كما في الشكل (١-٣١B) يمكن تطبيقه على جانب واحد أو ثلاثة بنفس الوقت.

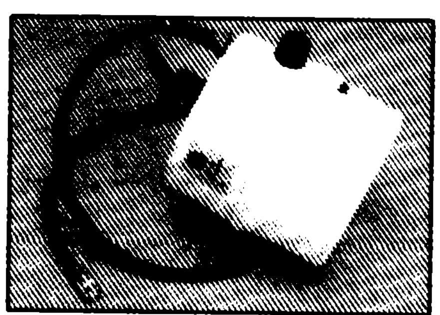


ويعتمد كل منها على نفس المبدأ، حيث يحتوي على ملف يتمتع بخاصية نقل مرتفعة، وعند تزويده بتيار مرتفع التردد، ينشأ حوله حقل مغناطيسي متقلب Fluctuating magnetic field بحسب تردد التيار.

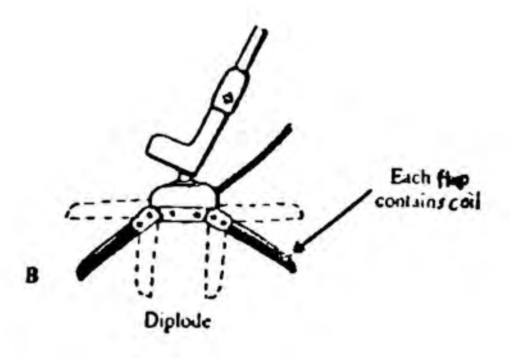
وعندما يوضع ناقل منخفض المقاومة (عضو من الجسم) في مجال تأثير هذا الحقل تنشأ تيارات كهربائية تحريضية ضمن هذا الناقل، وتكون دائرية الشكل circular shaped يتغير اتجاهها بحسب تغير اتجاه الحقل المغناطيسي المحرض، تحدث مثل هذه التيارات بشكل كبير في النسج ذات المقاومة المنخفضة، وبحسب قانون جول الحراري ترتفع حرارتها بشكل أكبر.





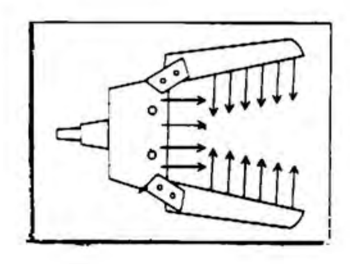


الشكل (١-٣١A): قطب الطبل



الشكل (B٣١-١): قطب مزدوج كل جناح flap يحوي ملف

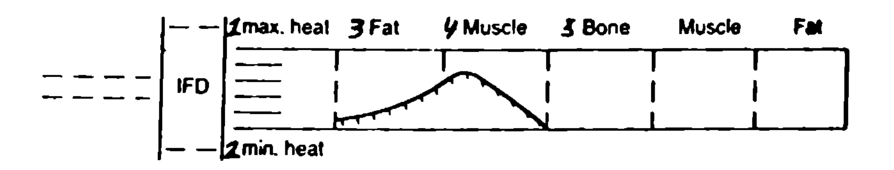




وكلما كان احتواء النسج للكهارل **electrolyte** أكبر كانت مقاومتها أخفض، ويعد الدم الأكثر احتواءً لهذه الكهارل (٠,٩%)، وبذلك ترتفع حرارة العضلات الغنية بالدم بشكل أكبر من الدسم، العظام، أو الكولاجين، يوضح المنحني البياني التالي توزع الحرارة شكل (١-٣٢).

ويمكن الحصول على تأثير حراري مشابه بالنسبة للعمق، بوساطة الحقل المكثف إذا طبقت الأقطاب بطريقة التوازي، وبرغم ارتفاع حرارة العضلات السطحية (١-٢سم) بكلا الطريقتين، إلا أن نسبة الاختلاف في مدى ارتفاع درجة الحرارة بين الطريقتين غير معروف.

وبالنسبة للعضلات العميقة لا يكون التغير هاماً في درجة الحرارة بأي الطريقتين، وعلى كل حال يوجد بعض الاختلاف بين الطريقتين في توزع الحرارة، فالحقل المكثف ينتج حرارة أكبر في الجلد والطبقة الشحمية من الحقل التحريضي (انظر المنحني البياني لكل من الطريقتين).



الشكل (١-٣٢): يبين نموذج توزع الحرارة بطريقة حقل التحريض، لاحظ ارتفاع حرارة العضلات بشكل أكبر بالنسبة للنسيج الشحمي، وعدم حدوث أي تأثير حراري في العظم.

يكون الحقل المغناطيسي أقوى بقرب الملف، وبذلك يتأثر الجلد والنسج المتوضعة تحته، لكن ليس كالعضلات وبشكل عام يعتمد ارتفاع الحرارة على عمق النسيج ونوعه.

١- الحرارة العظمى.

٢- الحرارة الصغرى.

٣- الشحم.

٤- العضلات.

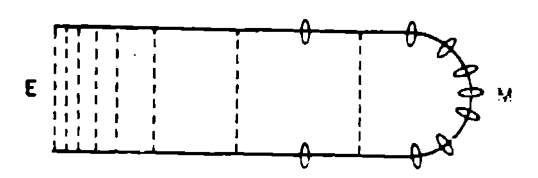
٥- العظم.

- طريقة الكبل **Cable method**:

يستعمل بهذه الطريقة سلك كهربائي ثخين محاط بمادة عازلة يكمل دارة المريض، ويتم توصيله بحسب أنسجة المريض بعد أن يفصل عنها بطبقة عازلة، ويستعمل لهذا الغرض ٤طبقات من البشاكير على الأقل، لتؤلف سماكة قدرها (١سم) وربما أكثر، تفيد في امتصاص الرطوبة الناتجة عن الحرارة.

عند استعمال الأمواج القصار بهذه الطريقة، يمكن الاستفادة من تأثير الحقل الكهربائي electric field أو تأثير الحقل المغناطيسي magnetic field، أو كلا التأثيرين بنفس الوقت.

حالما يمر التيار الكهربائي المرتفع التردد عبر الكبل، ينشأ حقل كهربائي ثابت electrostatic متغير بين نهايتيه، وحقل مغناطيسي متغير حول الجزء المركزي، تؤثر في النسج الواقعة ضمن مجالها كما في الشكل (١-٣٣)



الشكل (١-٣٣): يبين الحقل الكهربائي والحقل المغناطيسي حول الكبل حيث E يمثل الحقل الكهربائي، M يمثل الحقل المغناطيسي.

١- الحقل الكهربائي الثابت the electrostatic field:

تتأثر النسج، المتوضعة بين نهايتي الكبل بحقل كهربائي ثابت قوي، يشبه التأثير الناجم عن التيار المطبق بوساطة الحقل المكثف، وتتبع توزيع الحقل بنفس المبادئ، وبينما تميل حرارة النسج السطحية والنسج ذات المقاومة المنخفضة للارتفاع بشكل أكبر، يمكن الحصول على تأثير حراري أكبر للنسج الأكثر عمقاً والأكثر مقاومة باستعمال طرق مناسبة.

٢- الحقل المغناطيسي the magnetic field:

لدى مرور التيار الكهربائي عبر الكبل، ينشأ حوله حقـــل مغناطيســـي متغير، يؤدي لحدوث تيارات تحريضية دائرية في الناقل (بحسب قانون فـــارادي)، تحدث مثل هذه التيارات في أنسجة المريض المتوضعة عند الجزء المركزي للكبـــل، وتحدث تأثيراً حرارياً، يقتصر تأثيرها على النسج ذات المقاومة المنخفضة، لذلـــك لا يحصل التأثير الحراري في الطبقة الشحمية تحت الجلد.

تتكون هذه التيارات بشكل أولي في الجزء السطحي من الناقل، حيث قوة الحقل المغناطيسي تكون أكبر، لذلك تتأثر النسج السطحية بشكل أكبر، وبرغـــم انتقال بعض الحرارة إلى النسج المجاورة عن طريق الاتصال وانتقال الـــدم، إلا أن التأثير يكون أكبر في النسج السطحية ذات المقاومة المنخفضة.

٣- التأثيرات النسبية للحقلين Relative effects of two fields:

أظهرت التجارب بأن تأثير الحقل الكهربائي يكون سائداً في حال تطبيـــق الكبل على مواد مرتفعة المقاومة، بينما يسود تأثير التيارات التحريضية عند تطبيق الكبل على مواد منخفضة المقاومة.

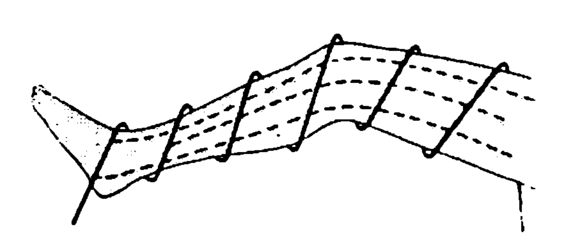
وبذلك لدى علاج منطقة مرتفعة المقاومة، وكان الهدف الحصول علـــى حرارة عميقة، يفضل استعمال الحقل الكهربائي بين نهايتي الكبل على اســـتعمال التيارات التحريضية في الجزء المركزي من الكبل.

بينما في علاج مناطق منخفضة المقاومة، وكان الهدف الحصـــول علـــى حرارة سطحية، يفضل استعمال التيارات التحريضية في الجزء المركزي من الكبل على استعمال الحقل الكهربائي.

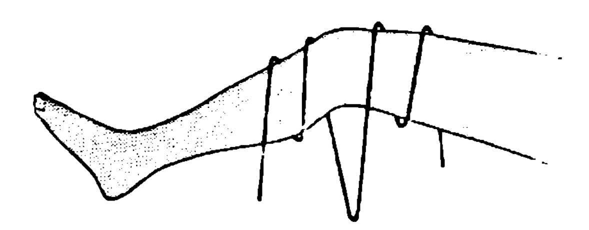
ويمكن الاستفادة من كلا التأثيرين بنفس الوقت، إذا طبق كامل الكبل على الجزء المعالج، إذ يتكون الحقل الكهربائي بين نهايتي الكبل، بينما يتكون الحقل المغناطيسي في الجزء المركزي.

أمثلة تطبيقية:

- لدى علاج الأطراف غالباً ما يلف الكبل حول الجزء المراد علاجه، وإذا كانت المساحة واسعة مثل كامل الطرف، يستعمل كامل الكبل، ويستفاد من كلا الحقلين معاً كما في الشكل (١-٣٤)، أما إذا كانت المساحة صغيرة، لا يستعمل كامل الكبل، إنما يستعمل الجزء المركزي أو النهايتين، وذلك بحسب العمق الحراري المطلوب ومقاومة النسج، فإذا كانت المنطقة مرتفعة المقاومة يكون الحقل الكهربائي الثابت بين النهايتين أكثر فعالية، ومثال ذلك عند علاج مفصل الركبة تطبق لفتين عند كل نهاية تحيط بالمفصل كما في الشكل (١-٣٥).



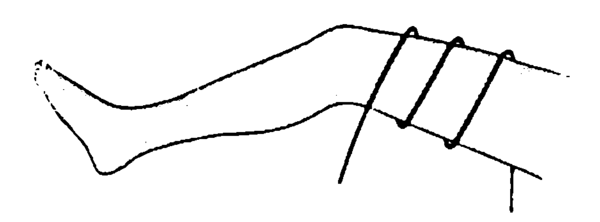
الشكل (١-٣٤): يطبق كامل الكبل على الطرف السفلي.



الشكل (١-٣٥): تطبق نهايتي الكبل على مفصل الركبة.

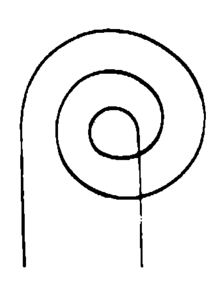
- ولدى علاج مفصلين بآن واحد، مثل الكتفين، تلف لفـــات قليلــة بإحدى النهايتين على المفصل الأول وأخرى مماثلة على المفصل الثـــاني بالنهايــة الثانية كما في الشكل (١-٤٢).

- لدى علاج منطقة منخفضة المقاومة مثل عضلات الفخذ أو الربلة كما في الشكل (١-٣٦) تحدث التيارات التحريضية تأثير حـــراري جيـــد، لذلـــك يستعمل الجزء المركزي من الكبل.

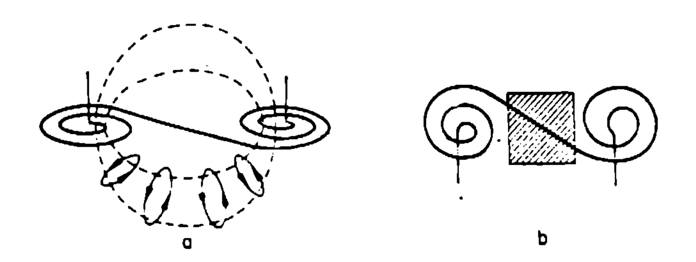


الشكل (١-٣٦): تطبيق الجزء المركزي من الكبل على الفخذ.

- ولدى علاج منطقة واسعة مثل الظهر، يمكن تطبيق الكبـــل بشـــكل لولب مسطح flat helix كما في الشكل (١-٣٧)، أو وضع لولب بكل نهايـــة كما في الشكل (١-٣٨)، أو يطبق مثل الشبكة كمـــا في الشـــكل (١-٣٩) وبالطريقة الأخيرة يكون الحقل المغناطيسي مركب complex، ومن المحتمـل أن لا يخترق النسج لعمق كبير، ويحدث التأثير الحراري بشكل رئيسي بوساطة الحقل الكهربائي، أما بالطريقتين الأوليتين يحصل التأثير الحراري بوســـاطة التيـــارات التحريضية، التي تكون جهتها بشكل متعامد مع خطوط الحقـــل المغناطيســـي، وبذلك تكون الحرارة الناتجة عن تطبيق لولب واحد بشكل خاتم مجوف تحـــت اللولب كما في الشكل (١-٤٠).



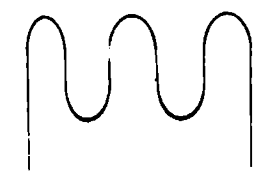
الشكل (١-٣٧): تطبيق الكبل بشكل لولب مسطح Flat helix



الشكل (١-٣٨): وضع لولب عند كل نهاية لاحظ كيف تربط خطوط الحقل بين اللولبين.

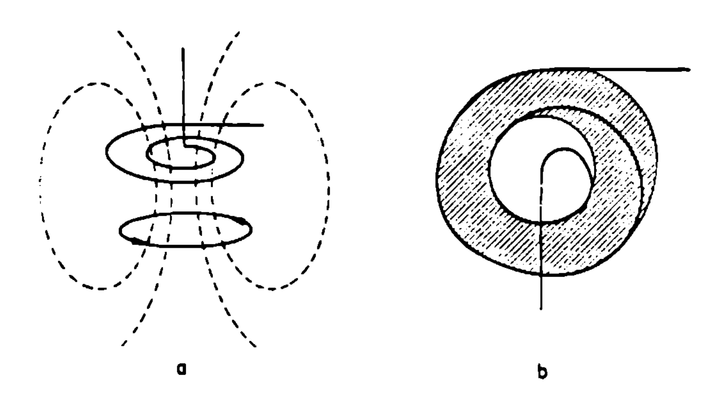
a- الحقل المغناطيسي الذي يحدث تيارات دائرية مرسوم بشكل منقط.

b- المنطقة المظللة تمثل الإنتاج الأعظمي للحرارة، بسبب تشكل التيارات الدائرية في الجزء المركزي.



الشكل (١-٣٩): تطبيق الكبل بشكل شبكة Grid (مصبعة).

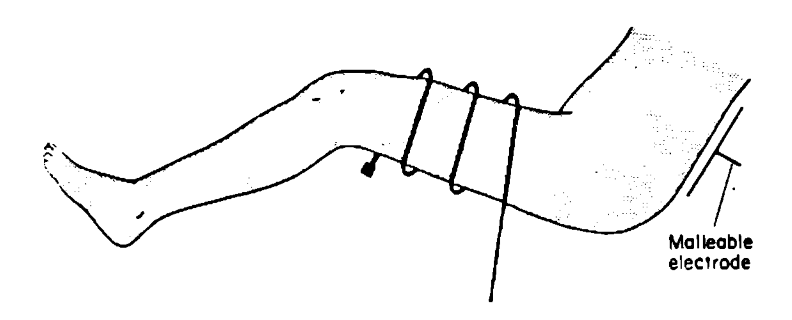
وتحدث التيارات الدائرية في المنطقة المتوسطة بين اللولبين، وبذلك يحصل التأثير الحراري في هذه المنطقة، ويكون أكبر في النسج السطحية بسبب قوة الحقل المغناطيسي، ويجب الانتباه لتوفر مسافة مناسبة بين اللولبين، بحيث يؤدي خلاف ذلك لارتفاع الحرارة بشكل كبير في هذه المنطقة وحدوث الحرق، ويوضع اللولبين إما بشكل مستوي كما في الشكل (١-٣٨) أو توضع بشكل متقابل على وجهي المنطقة المعالجة كما في طريقة التقابل في المكثف.



الشكل (١-٤٠): يبين نموذج التسخين الناجم عن التيارات الدائرية في النسج، الحادثة بوساطة الكبل بشكل لولب واحد single helix.
a- الخطوط المنقطة تمثل الحقل المغناطيسي المسببة لنشوء التيارات الدائرية منظر جانبي
b- المنطقة المظللة تمثل مكان إنتاج الحرارة، منظر علوي.

ويمكن استعمال الكبل بالمشاركة مع قطب مكثف، وتفيد هذه الطريقة في علاج مفصل الورك في حال عدم التمكن من تطبيق التقابل بوضعية الحقل المكثف، بحيث يلف الكبل على الفخذ، على أن تكون النهاية الأولى موصولة بالجهاز بينما تعزل الثانية بدعامة مطاطية، ويوضع قطب المكثف على مستوى العجز sacrum على الجانب المصاب وتوجيه الحقل الكهربائي على منطقة الورك كما في الشكل (١-٤١)

تفيد طريقة الكبل في علاج المناطق الواسعة التي لايمكن الوصول إليها بوساطة الحقل المكثف أو في علاج المناطق الغير منتظمة، كما في حالة إصابة اليد بالتهاب المفاصل الروماتزمي rheumatoid arthritis، أو في حال الرغبة في تجنب تسخين طبقة الشحم تحت الجلد.



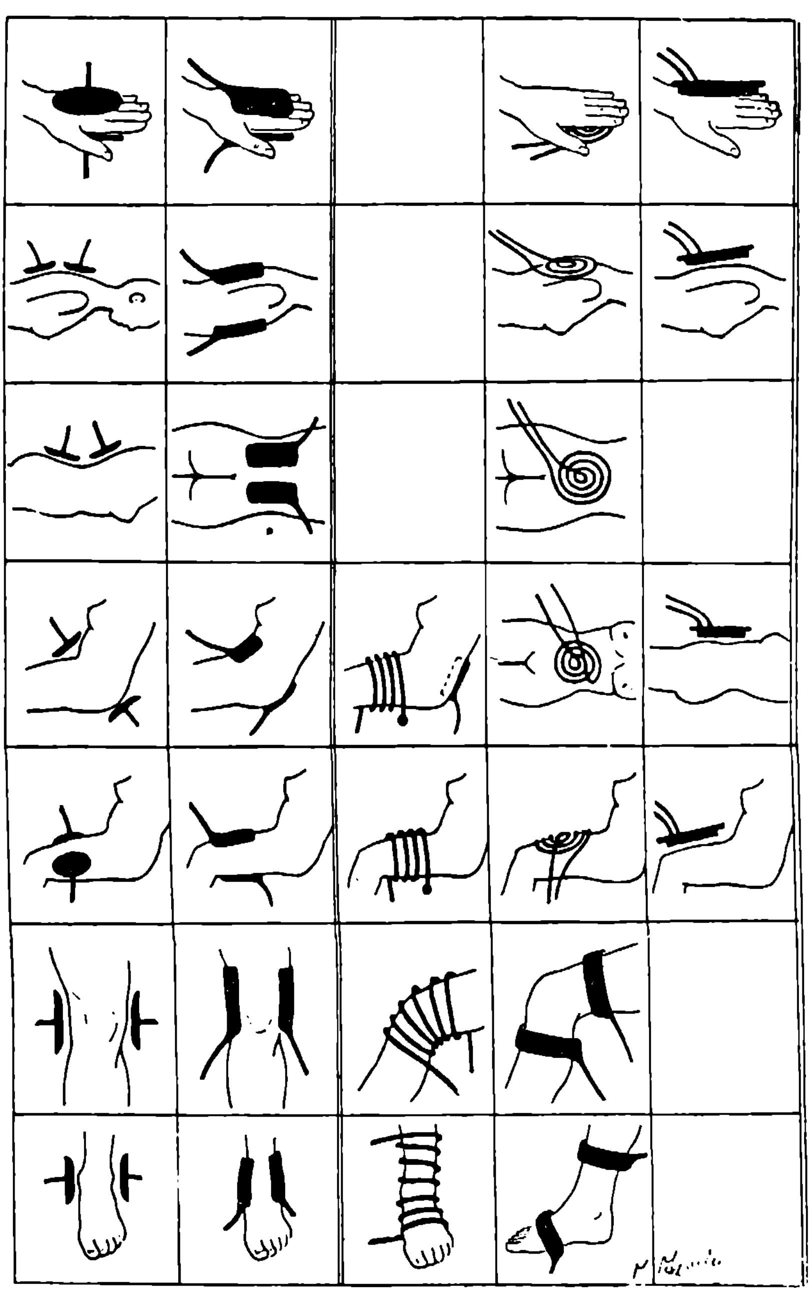
الشكل (١-٤١): يبين استعمال الكبل (إحدى النهايتين معزولة) بالمشاركة مع قطب مكثف لعلاج مفصل الورك.

ويبين الشكل (١-٤٢) تطبيق طريقة الكبل والأقطاب.

*** تطبيق الأمواج القصار بشكل نبضي pulsed short wave diathermy:**

أيد البعض استعمال الأمواج القصار بشكل نبضي باعتقاد أنه يمكن الحصول على فوائد أخرى غير الحرارية، وذلك بوجود دارات إيقاف تشغيل (on-off) ضمن الجهاز تعمل على إصدار الأمواج بشكل متقطع (نبضي)، حيث أنه في طور التشغيل تمتص الحرارة من قبل الأنسجة وفي طور الإيقاف يعمل الدم على نقل هذه الحرارة فيحول دون ارتفاع حرارة هذه النسج، وتوجد تقارير طبية عديدة مقنعة حول التأثير الإيجابي لهذه الطريقة في ترميم الجروح wound healing.

وعلى كل حال فشلت المحاولات العلمية العديدة في إيضاح أهميتها العلاجية لتقديم دلائل كافية تدعم الاستخدام الطبي لهذه الطريقة.



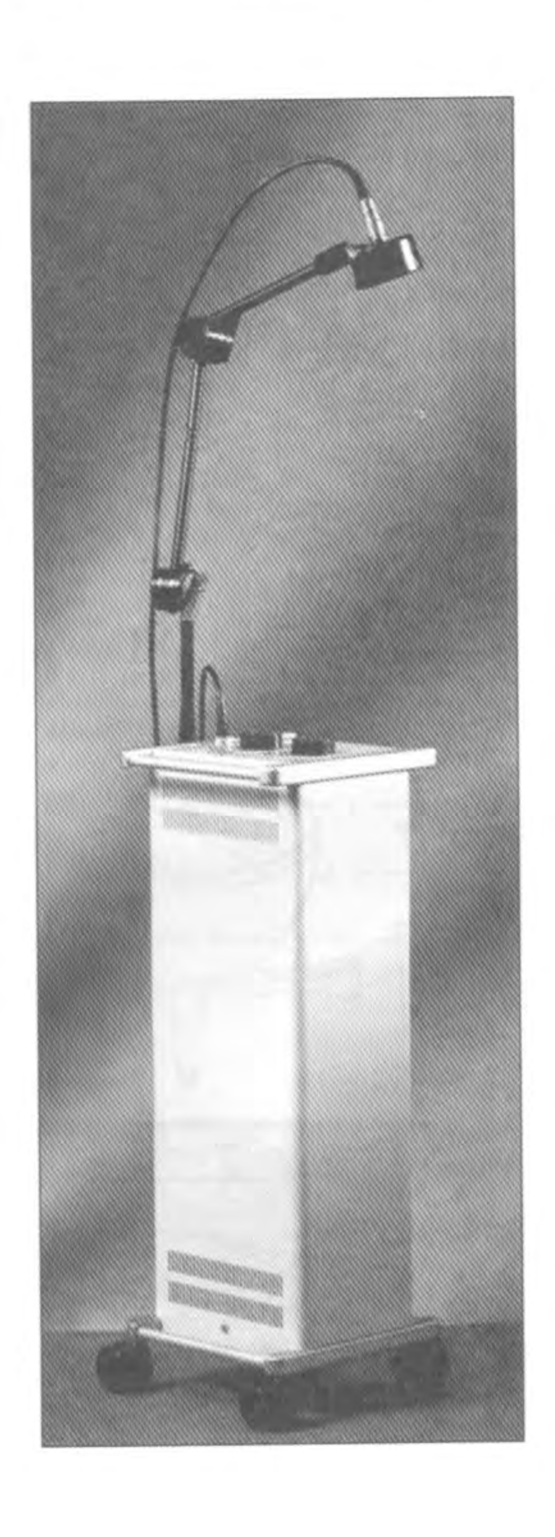
الشكل: (١-٤٢)

ج- الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جدا: microwave diathermy

تعتبر الأمواج القصيرة جداً (MW) أو أمواج الراردار Radar wave شكلاً من أشكال الإشعاعات الكهرطيسية Electro magnetic radiation، تقع بين الأشعة تحت الحمراء والأمواج القصار وهي ذات تردد مرتفع ٢٤٥٠ مليون هرتز وطول موجة قصير ١٢سم، تنتقل بسرعة الضوء وتنتقل عبر الخلاء ويمكن أن تنعكس reflected، تنكسر refracted، تمتص، تستطير scattered، وتتأثر هذه الخصائص بطبيعة المادة والتردد وقوة الحقل.

حالياً يعد الإنفاذ الحراري بالأمواج القصيرة جداً النوع الرئيسي الثاني لوسائل الإنفاذ الحراري، ومن أكثر الوسائل التي أجريت عليها الدراسات التجريبية قبل وضعها في مجال التطبيق الطبي، فبعد أن نشر Krusen وزملائه أول تقرير للدراسات التجريبية على MW عام ١٩٤٧، ظهرت عدة دراسات في مناطق أخرى تضمنت التأثيرات الحرارية والعمق الذي تصل إليه مقارنة مع الأمواج القصار والأشعة تحت الحمراء وطبيعة المنطقة المعالجة وتأثير الجرعات الزائدة، واستمرار ظهور الدراسات التجريبية، لكن التقارير الطبية حول نتائجها كانت قليلة.

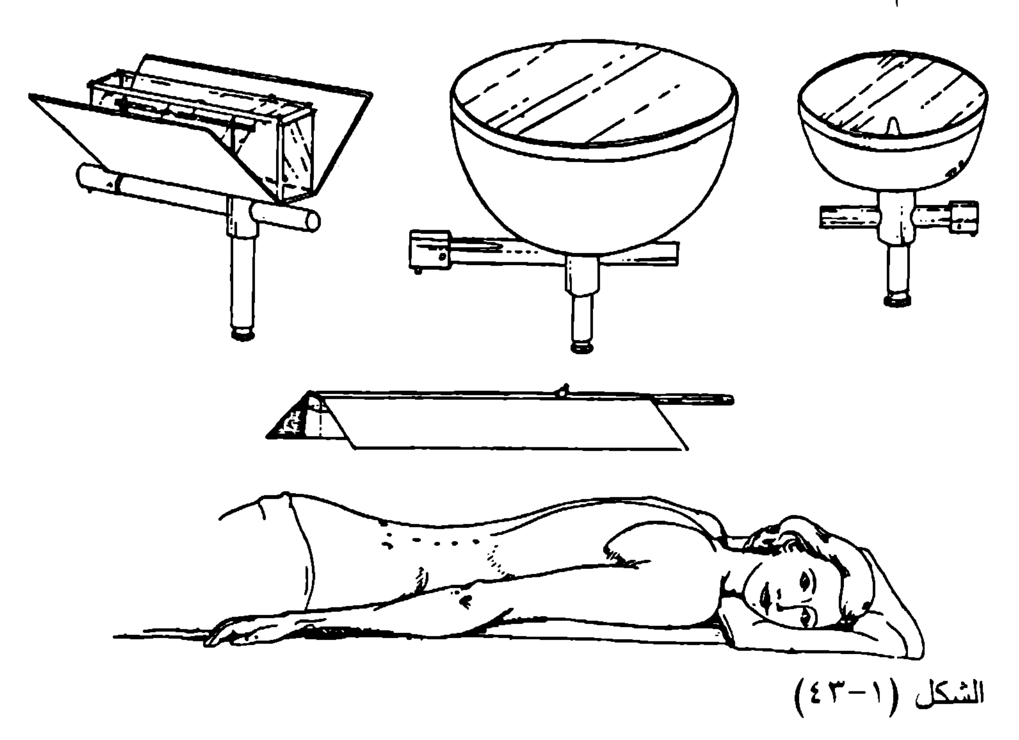
يحوي جهاز MW على مزود طاقة power supply يصدر تيار كهربائي عالي التردد يدعى المغنطرون magnetron وهو صمام مفرغ يخضع تدفق الالكترونات فيه لتأثير مجال مغناطيسي خارجي، ويتطلب فترة قصيرة للإقلاع قبل أن يصبح الجهاز معداً للاستعمال.



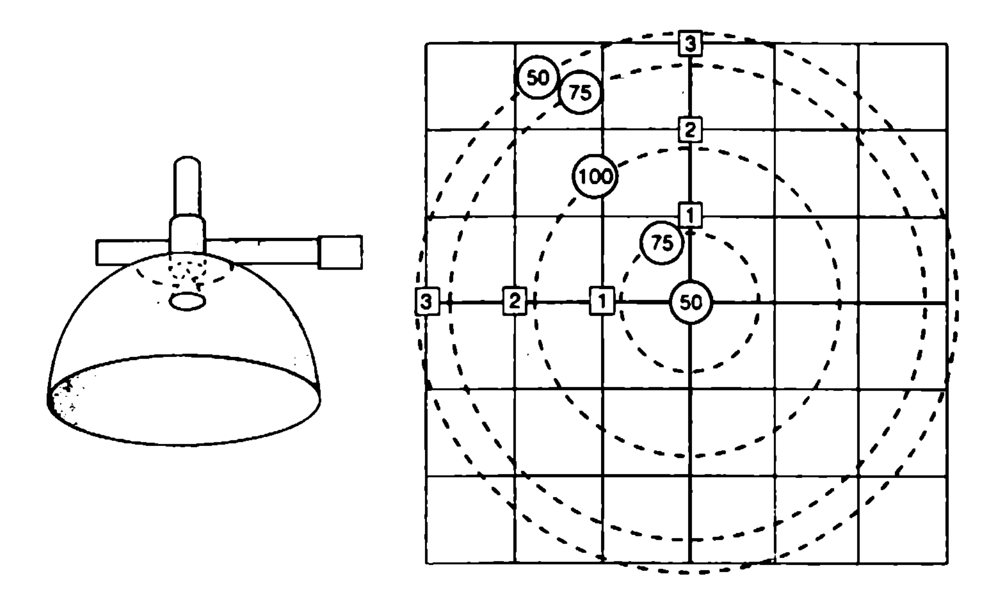
تنقل الطاقة الصادرة عبر كبل عازل إلى القطب الذي يوصلها بدوره إلى المريض، يدعى القطب بالموجة Director وله أشكال وحجوم مختلفة كما في الشكل (١-٤٣) ويتم اختيار القطب المناسب بحسب التأثير المطلوب والمنطقة المعالجة، فالنموذج الحراري الصادر عن القطب الدائري بشكل حلقة كما في الشكل (١-٤٤أ) تكون شدة الحرارة فيه أقل ما يمكن في المركز، وبذلك يستعمل لعلاج المناطق ذات النواتئ العظمية والمفاصل السطحية، بحيث توضع هذه المناطق تحت الجزء المركزي.

وبالمقابل تكون الحرارة مركزية عند استعمالْ القطب المستطيل كما في الشكل (١-٤٤ب)

لا يطبق القطب مباشرة على الجلد ولكن بترك مسافة لا تقل عن ٢,٥سم.



الشكل (١-٤٣)

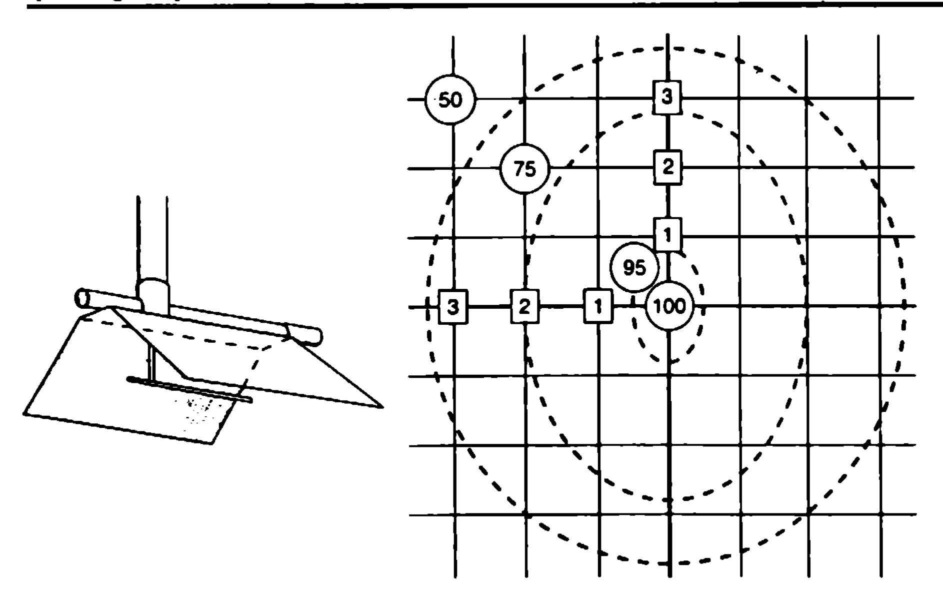


الشكل (١-٤٤أ): يبين نموذج الحقل الصادر عن تطبيق القطب ذو الشكل الدائري، لاحظ الشدة العظمى (١٠٠%) تحت حواف القطب (المنطقة الثانية) و ٥٠% في المركز وتنخفض تدريجياً بالابتعاد عن حواف القطب.

وتزاد عند علاج منطقة واسعة مع زيادة الشدة، وينبغي الانتباه عند تحديد المسافة مراعاة أعلى منطقة في المنطقة المعالجة وأن تكون الأشعة بشكل عمودي مع الجسم، وتزود الشركات المصنعة تعليمات حول الشدة والمسافة لكل قطب.





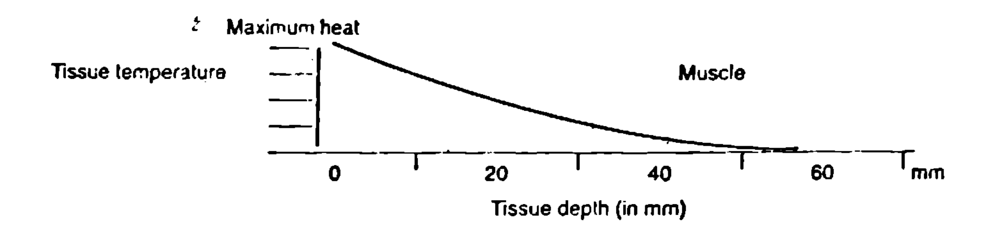


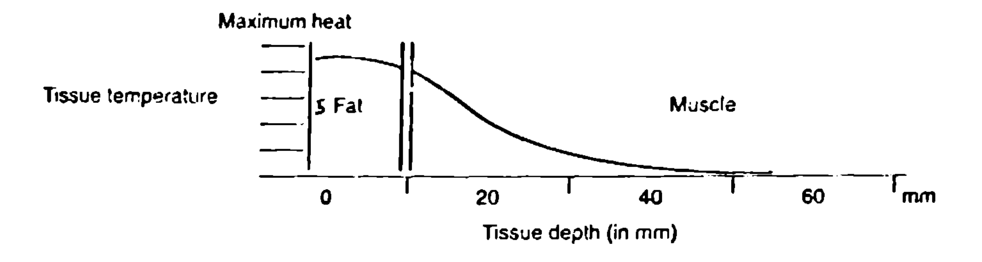
الشكل (١-٤٤ب): يبين نموذج الحقل الصادر عن تطبيق القطب المستطيل، لاحظ القيمة العظمى للشدة ١٠٠% في المركز.

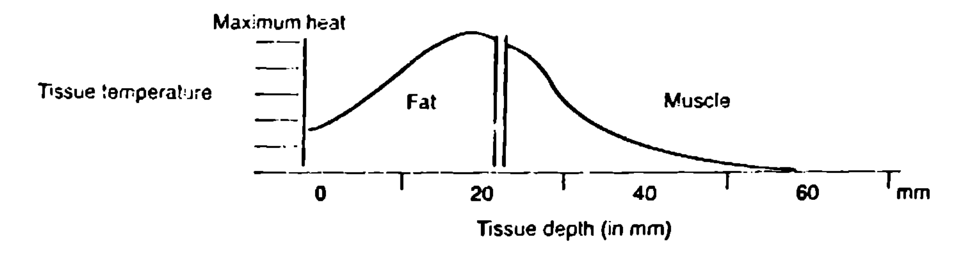
يعمل القطب (الموجه) على إيصال الطاقة الكهرطيسية إلى الجسم، وتتحول بدورها إلى حرارة عن طريق حركة الجزيئات ثنائية القطب dipole molecules، مما يعني ارتفاع حرارة النسيج العضلي أكثر من الشحمي لاحتوائه كميات أكبر من هذه الجزيئات، وهذا ليس ثابتاً إذ يمكن حدوث العكس ويتم إيضاح ذلك على النحو التالي:

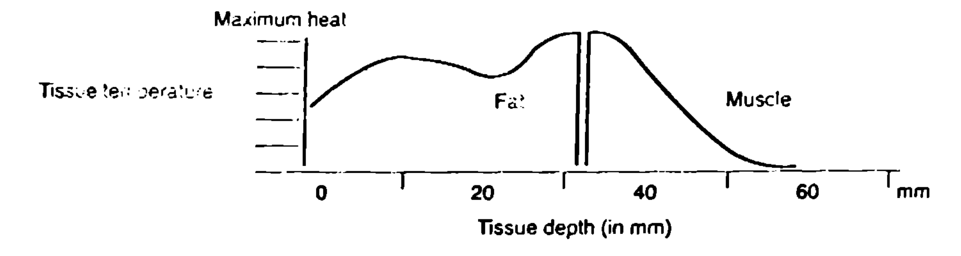
بحسب خصائص الأشعة الكهرطيسية يمتص قسم منها عند تطبيقها من قبل النسيج الشحمي وينعكس قسم آخر عن طريق الجلد وينعكس قسم آخر عن طريق الوجه الداخلي الكائن بين النسيج العضلي والشحمي باتجاه النسيج الشحمي ويمتص قسم آخر عن طريق النسيج العضلي وبذلك يكتسب النسيج الشحمي حرارة إضافية مما يعني وصول حرارته إلى مستوى حرارة النسيج العضلي أو يتجاوزها قليلاً عندما تزيد سماكة النسيج الشحمي عن ٢سم.

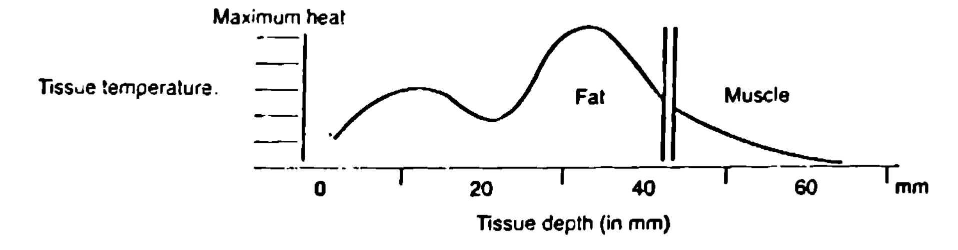
يعتمد الاختلاف النسبي في ارتفاع حرارة كل من النسيج العضلي والشحمي على سماكة كل منهما كما في الشكل (١-٤٥).











الشكل (١-٤٥): يبين تأثير سماكة النسيج الشحمي في توزع الحرارة أثناء تطبيق الأمواج القصيرة جداً.

كلما زادت سماكة الطبقة الشحمية زاد امتصاصها للحرارة ونقص امتصاص النسيج العضلي

١- درجة حرارة النسيج.

٢-الحرارة العظمى.

٣-العضلة.

٤-عمق النسيج.

٥-الشحم.

وعند حدوث ارتفاع في درجة حرارة الطبقة الشحمية ينبغي تخفيض الشدة وبذلك يكون التأثير الحراري الناتج عن تطبيق الأمواج القصيرة جدا بتردد ٢٤٥٠ م.هـ أقل منه عند تطبيق الأمواج القصيرة، إضافة إلى وجود مسافة بين القطب والجلد مما يعني ضياع قسم من الطاقة، مما أدى ذلك لتصميم أجهزة بترددات أقل مثل ٩١٥م.هـ تطبق مباشرة على الجلد تحدث تأثير حراري عميق يصل إلى ٤سم دون ارتفاع زائد في حرارة الجلد والطبقة الشحمية؛

وأظهرت دراسة أجراها Fadilah وزملائه على مفاصل الأرانب للمقارنة بين نسبة الاختلاف في ارتفاع حرارة الجلد والعضلات والأربطة والمحافظ المفصلية فتبين ارتفاع حرارة المحافظ المفصلية بشكل أكبر دون حدوث ارتفاع زائد في حرارة النسج السطحية.

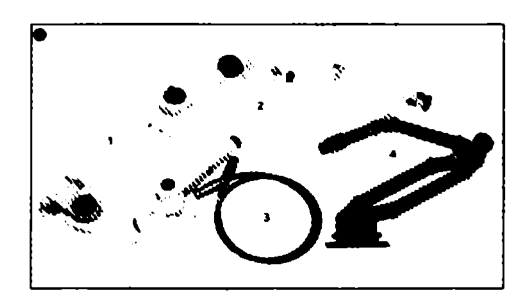
ومع ذلك كانت نتائج البحوث حول التأثير الحراري لاستعمال ترددات منخفضة متنوعة، فيها خلاف غير حاسمة.

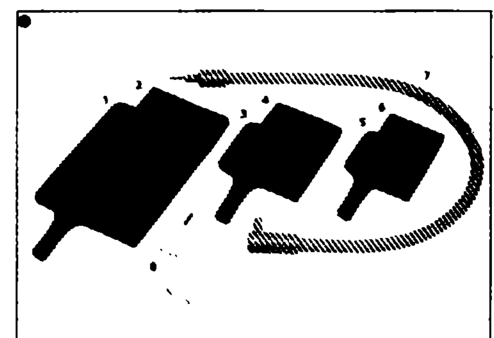
وفيما يلي جدول يلخص التأثير الحراري الناجم عن طرق الإنفاذ الحراري واختيار الجهاز المناسب حسب الحالة والتأثير المطلوب.

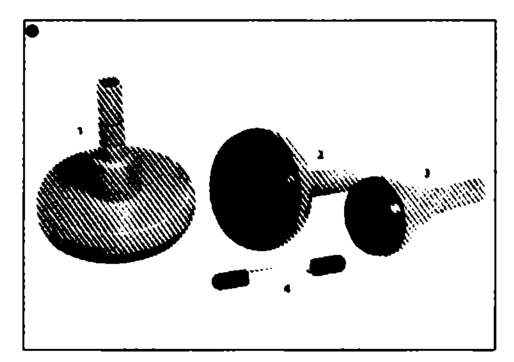
١- النسيج الشحمي يمتص معظم الطاقة ويحـــدث تأثير حراري زائد غير مرغوب فيه. ٢- امتصاص النسيج العضلي للحرارة أقل مقارنـــة مع SW ٣- عدم حدوث أي تأثير حراري في العظم	°C Fat Muscle Bone	الأمواج القصيرة جداً MW.
١- امتصاص الحرارة بشكل أكـــبر مـــن النســـج السطحية. ٢- حدوث تأثير حـــراري في النســيج العضلــي والعظمي.	°C Fat Muscle Bone	الأمواج القصيرة SW تطبـــق حقل المكثف بطريقة التقابل.
١- تأثير أقل للحرارة في الطبقة الشحمية. ٢- التأثير بشكل أكبر في النسيج العضلي والحصـول على تأثيرات علاجية أفضل. ٣- عدم حدوث أي تأثير حراري في العظم.	°C Fat Muscle Bone	الأمواج القصيرة SW بطريقـــة حقل التحريض.

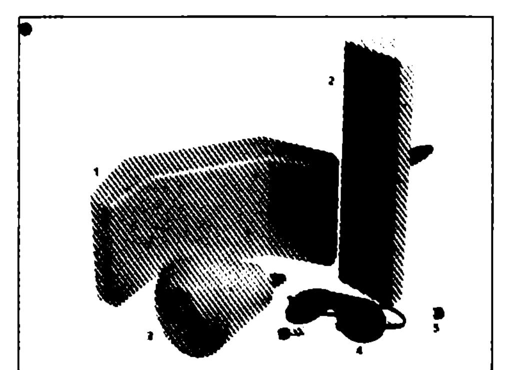
وفيما يلي عرض لأنواع الأقطاب المختلفة لكل من SW و MW والتوصيلاتِ في الأجهزة الحديثة:

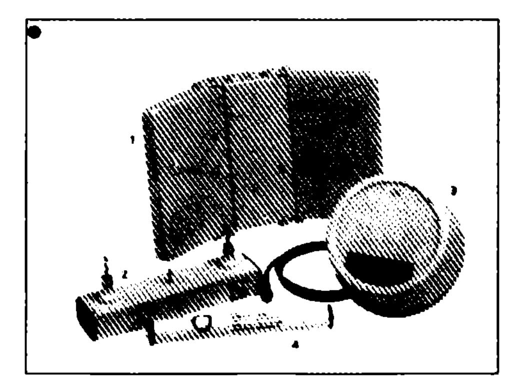












ثالثا: اعتبارات فيما يتعلق بالعلاج:

treatment considerations:

١- اختبار الجهاز preparation of the apparatus:

قبل تشغيل الجهاز يجب التأكد من تعليمات الاستعمال وسلامة التوصيلات والوضعيات الصحيحة للمفاتيح وتعليمات الأمان المرفقة من قبل الشركة المصنعة، وبعد التشغيل يمكن التأكد بوضع لمبة نيون بين الأقطاب فتضيء دلالة على عمل الجهاز.

٢- أسلاك التوصيل connecting leads:

ينبغي التأكد من الوضعية الصحيحة للأسلاك والأقطاب بحيث يكون طولها متناسب مع الجهاز مع ترك مسافة بينها وأن تكون بشكل مواز لبعضها وعدم التفافها وتماسها ووجود نواقل بقربها وترك مسافة كافية بينها وبين الجلد لتجنب حدوث تيارات تحريضية.

٣- وضع وحجم الأقطاب position and size of electrodes:

تحدثنا عن ذلك في الفقرات السابقة، ولكن يجب الانتباه لوجود حقل كهربائي على حواف القطب وفي الجهة الخلفية إضافة للحقل الصادر من الأمام وإن تماس الجسم مع هذا الحقل يؤدي لحدوث تأثير حراري غير مرغوب فيه، فمثلا لدى علاج مفصل الركبة قد يحدث تماس بين الجهة الخلفية للقطب المطبق على الوجه الأنسي ومفصل الركبة الثانية.

٤- تطبيق التيار Application of Carrent:

بعد التأكد من الوضعيات الصحيحة لكل من المريض، الأسلاك، الأقطاب يتم تشغيل الجهاز ورفع الشدة بشكل تدريجي لترك فترة لحدوث التوسع

الوعائي vasodilation وليستطيع المريض تقدير الأثر الحـــراري، وفي حـــال حدوث تأثير غير مرغوب فيه يتم خفض الشدة إلى الصفر مباشرة وإطفاء الجهاز وإبعاد الأقطاب.

٥- الجرعة العلاجية treatment dosage:

بما أنه لا يمكن تحديد كمية الطاقة التي يتلقاها المريـــض بدقـــة، يبقـــى إحساسه المعيار الرئيسي لتحديد الشدة، وفي معظم الحالات يجب أن تكون كافية لإحداث إحساس حراري مريح وتحدد بحسب الحالة (حادة-مزمنة).

تطبق الشدة في البداية بشكل خفيف ويسجل إحساس المريض ثم تزاد مع الأخذ بعين الاعتبار إحساس المريض، إذ يعتقد بعض المرضى أن الحرارة المرتفعـــة أكثر فائدة وهذا خطأ بسبب الاختلاف في درجة الحرارة بين النســـج العميقـــة والسطحية المحتوية على المستقبلات الحرارية.

وتحدد فترة المعالجة وعدد الجلسات بحسب الهدف المرجو مـــن العـــلاج (تسكين الألم أو زيادة قابلية تمدد النسج) والحالة المرضية (حادة-مزمنة) وتعتـــبر الفترة من ٢٠-٣٠ دقيقة كافية لإحداث التأثير الحراري المطلوب تخفض هـــذه عند علاج الحالات الحادة من ٥-١٠ دقيقة، وفيما يلي جدول يحدد الجرعـــة لكن يبقى إحساس المريض المعيار الرئيسي لهذه المبادئ.

الحالة المرضية	مستوى الجرعة	تكرار العلاج	إحساس المريض الحراري	نسبة مخرج الطاقة من الجهاز
التهاب حاد	الأدنى	يومياً من ١-٢ أسبوع	أقل إحساس حراري يمكن الشعور به	¼ مخرج الجهاز
التهاب تحت الحاد	منخفض	يومياً من ١-٢ أسبوع	بالكاد يشعر بالحرارة	½ مخرج الجهاز
الحالة الالتهابية	متوسط	يومياً من ١-٢ أسبوع	إحساس واضح بالحرارة لكن مريح	¾ مخرج الجهاز
الحالة المزمنة	مرتفعة	يومياً أو مرتين باليوم من أسبوع إلى شهر	إحساس حراري واضح ضمن حدود التحمل	كامل مخرج الجهاز

٦- تقنيات التطبيق techiques of application:

أ- تحضير المريض.

ب- التطبيق على أجزاء خاصة من الجسم.

أ- تحضير المريض preparation of the patient:

قبل البدء بالعلاج يجب اتخاذ الخطوات التالية:

١- انزع ملابس المريض من المنطقة المعالجة وذلك:

- يمكن أن تصبح الملابس رطبة أثناء العلاج نتيجة التعرق، وتمنع تبخير العرق.

- تعيق الملابس الضيقة الجريان الدموي مؤدية لارتفاع.درجة حرارة المنطقة.

- تحول دون فحص الجلد والمنطقة المصابة وسوء تقدير المسافة بين الجلد والأقطاب ووضع الأقطاب

- تمنع المريض من التقدير الجيد للإحساس الحراري.

٢- تنظيف الجروح وتغطيتها بقماش جاف.

٣- اختبار إحساس المريض للحرارة والبرودة.

٤- نزع المجوهرات والساعات والنقود المعدنية والأجهزة الالكترونية وأجهزة تقوية السمع.

٥- فحص المنطقة بشكل جيد والتأكد من عدم وجود معادن خارج أو داخل جسم المريض (صفائح معدنية، خيوط جراحية، مواد داخل الرجم (لولب)) .

٦- تنظيف المنطقة بشكل جيد وإزالة الدهون والأوساخ.

٧- وضع المريض بشكل مريح بحسب العضو والحالة المعالجة.

٨- وضع العضو بشكل مرفوع قليلاً لتحسين تفريغ السوائل (الوذمة).

٩- وضع المريض بحيث تكون العضلات بوضع مرخي، إلا إذا كان الهدف من العلاج زيادة قابلية تمدد النسج (أثناء الحرارة) عندها توضع العضلة بأقصى طول لها.

١٠- عند تطبيق SW يوضع بشكير لامتصاص التعرق أما MW لا يوضع شيء.

١١- إعلام المريض عن الإحساس الحراري الذي سيشعر به، والإبلاغ عن أي شيء غير طبيعي أو حدوث ارتفاع زائد في درجة الحرارة.

١٢- عدم تحرك المريض أثناء العلاج لأن ذلك يؤدي لزيادة أو نقصان في درجة الحرارة (عند تطبيق SW يحدث عدم توافق بين دارات الجهاز أي الطنين، أما في MW تختلف المسافة بين القطب والجلد وزاوية سقوط الأشعة).

١٣- عدم وضع المريض على طاولة أو كرسي معدني أو وجود أي معادن أو أجهزة الكترونية ضمن الحقل الكهربائي (مسافة لا تقل عن ٣٠سم من الأقطاب).

١٤- وضع مواد ماصة للرطوبة بين سطوح الجلد المتلامسة (الإبط مثلاً).

١٥- مراقبة المريض بشكل دائم وإزالة التعرق.

١٦- التأكد من عدم وجود أي تماس بين المريض والأسلاك والجهاز أو وجود أي شيء يؤدي لحدوث أخطار كهربائية (مثل وجود الماء).

ملاحظة: تملك المعادن والمواد الرطبة ثابت عزل مرتفع مما يؤدي لتركيز خطوط الحقل فيها وإحداث الحروق.

ب- التطبيق على أجزاء خاصة من الجسم: special techniques of application to specific parts of the body

١- العينين Eyes: يمكن تطبيق الأمواج القصار بطريقة حقل المكثف أو بطرية حقل التحريض الشكل (١-٤٢) تكون الشدة والفترة في البداية منخفضة ثم تزاد تدريجياً هذا وضعف استعمال الإنفاذ الحراري لهذه المنطقة.

٢- الأذن Ear: تعالج الأذن إما بطريقة الحقل المكثف باستعمال قطبين مختلفي الحجم أو بطريقة حقل التحريض باستعمال الكبل بحيث يضع المريض أذنه على الكبل، الشكل (١-٤٢) وكلا الطريقتين مناسبة وتفيد هذه الطريقة في تسهيل تصريف السوائل في حال وجود سيلان قيحي purulent discharge (وضع الرأس الجانبي)، ويمكن أن يسبب الحقل الذي يجتاز منطقة قناة العصب الوجهي facial nerve أو يفلقم شلل الوجه بسبب الوذمة والتورم المتشكل نتيجة زيادة النفوذية الغشائية وبالتالي زيادة الضغط على العصب، وفي حال وجود ألم قد ينذر ذلك بشلل الوجه facial paralysis.



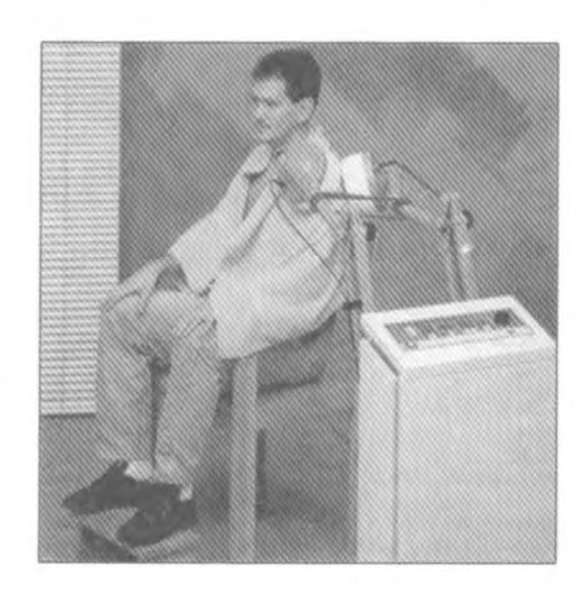
٣- الفم والأسنان **teeth and month**: تعالج الإصابـــات في هـــذه المنطقة بطريقة حقل المكثف ويحدث حقل التحريض تأثير حراري أكبر.

٤- الرقبة **Neck**: تعالج الرقبة إما باستعمال حقل المكثف باستعمال قطبين بنفس الحجم أو باستعمال حقل التحريض إما بشكل قيد حول العنـــق (الشكل (١-٤٢) أو بشكل قرص وتلف طبقة من البشاكير حول العنق في حال تطبيق الكبل بشكل قيد، وقد تكون غير مريحة خاصة إذا كـان عنق المريض قصير.

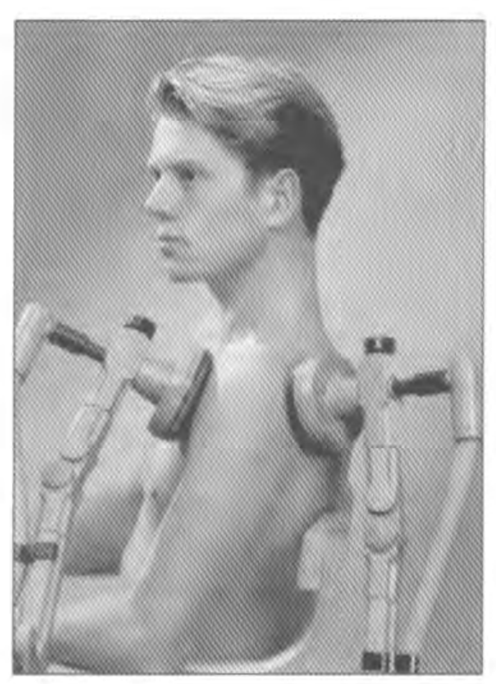
٥- الكتف **the shoulder**: يعالج الكتف إما باستعمال حقل المكثـــف عن طريق قطبين كبيرين يطبقان بطريقة التوازي أو التقابل أو بشـــكل رقم ٧ بحيث لا يزيد الميلان عن ٣٠ وتفيد هذه الطريقـــة في عـــلاج التهاب وتر ذات الرأسين أو التهاب وتر فوق الشوك.

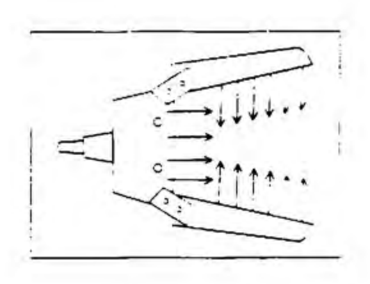
أو باستعمال حقل التحريض عن طريق الطبل، القطب المزدوج الشـــكل (١-B٣١) أو عن طريق الكبل ويعتبر أسهل في عملية التطبيق الشكل (١-٤٢)











٦- **المرفق Elbow**: يعالج المرفق بمعظم الطرق لكن طريقة الكبل تعد الأفضل والأسهل في التطبيق، الشكل (١-٤٢)

٧- **الرسغ اليد wrist and hand**: يفضل علاج هذه المنطقة بطريقة حقل المكثف ذلك لأن معظم نسج هذه المنطقة ذات مقاومة مرتفعة على حين توجد صعوبة في إحداث تيارات تحريضية بطريقة حقل التحريض، وتوجد طرق علاج أخرى أفضل لهذه المنطقة (البرافين مثلاً).



٨- الصدر والبطن thorax and abdomen:

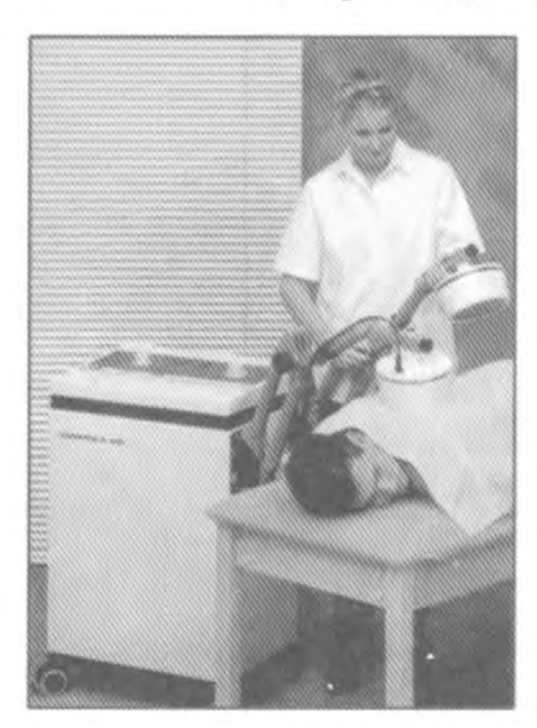
في الماضي كانت تعالج أحشاء البطن والصدر بالإنفاذ الحراري، لكن الدلائل على الاستمرار في تطبيقها قليلة خصوصاً مع ظهور العلاج الدوائي والكيميائي، أحياناً تطبق لإحداث تأثير حراري لرفع درجة حرارة الأنسجة تحت الطبيعية subnormal ويتم هذا بتطبيق الأقطاب بشكل أمامي جانبي anterolaterally أو خلفي جانبي posterolaterally أو على الجانبين bilaterally. ويوجد خطر بانخفاض الضغط بسبب كثرة الأنسجة التي ترتفع درجة حرارتها، ويجب مراقبة النبض والضغط بشكل جيد.

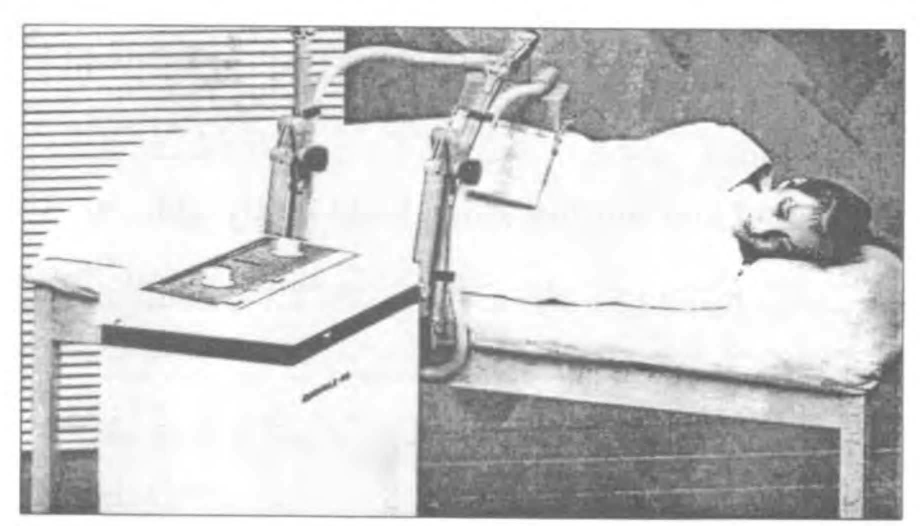
٩- الظهر والمنطقة القطنية dorsal and lumbar spine:

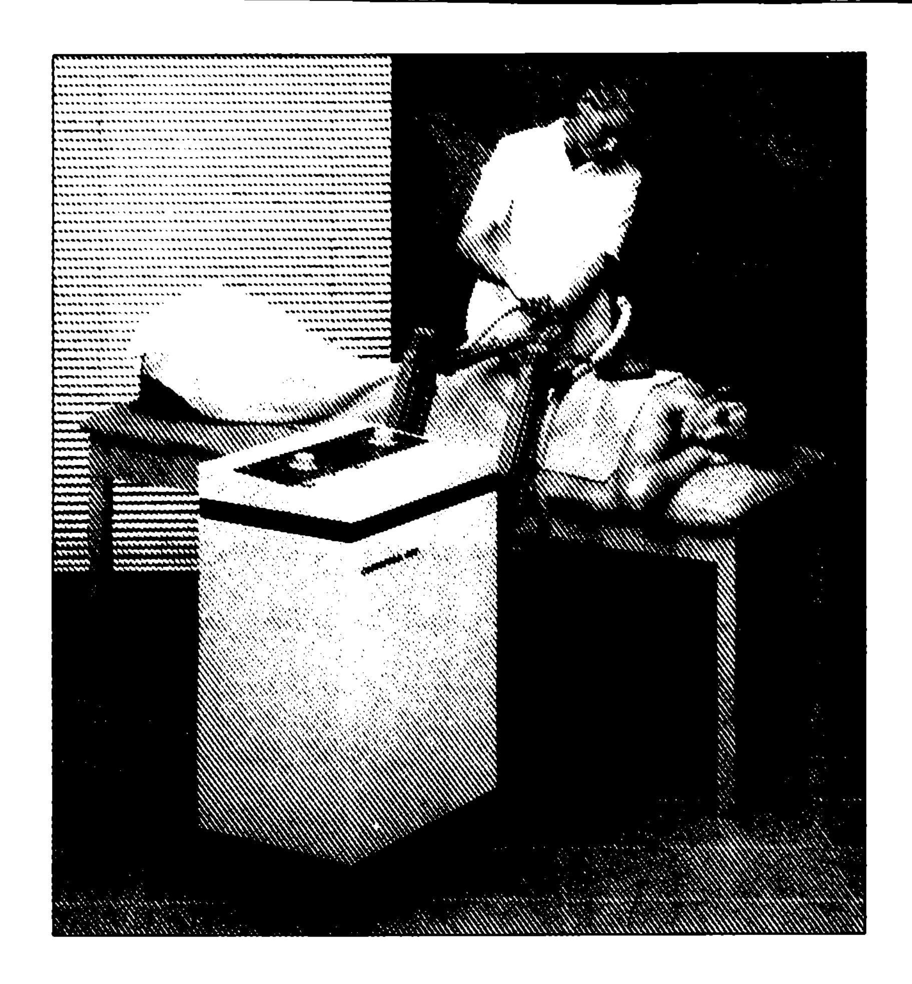
تعالج هذه المنطقة بكلا الطريقتين، وفي حال استعمال الحقل المكثف تطبق الأقطاب بطريقة التوازي إما بشكل طولاني وبالتالي تكون كمية النسج المتعرضة للحرارة أكبر أو بشكل عرضي، وتفضل طريقة الحقل المكثف في علاج العظام والمفاصل (الشكل ١-٩).

وتطبق طريقة حقل التحريض إما باستعمال الطبل أو الكبل بشكل فطيرة (الشكل ١-٤٢).

وفي كلا الحالتين يجب وضع بشكير لامتصاص التعرق.







١٠- المفصل العجزي الأليوي sacroiliac joint:

أفضل طريقة لعلاج هذه المنطقة باستعمال الأقطاب القابلة للانحناء الشكل (١-٢٩) تطبق بشكل عرضي وتوضع فوق بشكير، توضع هذه الأقطاب على الوجه الوحشي وفوق مركز المفصل للحصول على أكبر تأثير حراري.

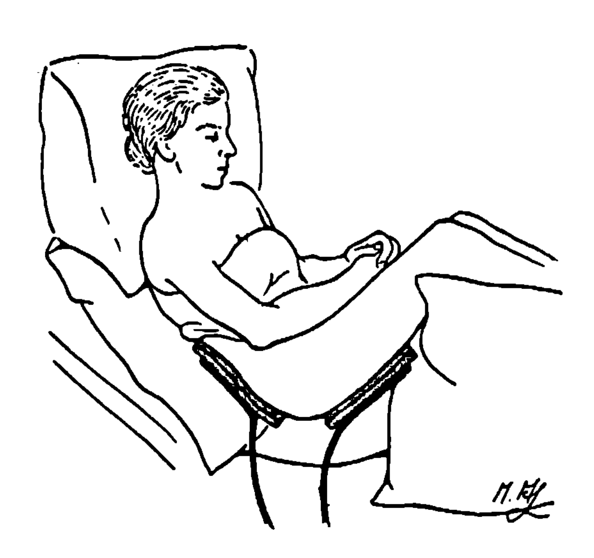
١١- الحوض pelvis:

يفضل علاج هذه المنطقة بطريقة بونز Bauwens وذلك على النحو التالي: يوضع المريض بشكل نصف مستلقي والركبتين مثنيتين مع وجود وسادة أو اثنتين تحتهما، يطبق قطب كبير تحت الفخذين وآخر أسفل المنطقة القطنية الشكل (١-٤٦)

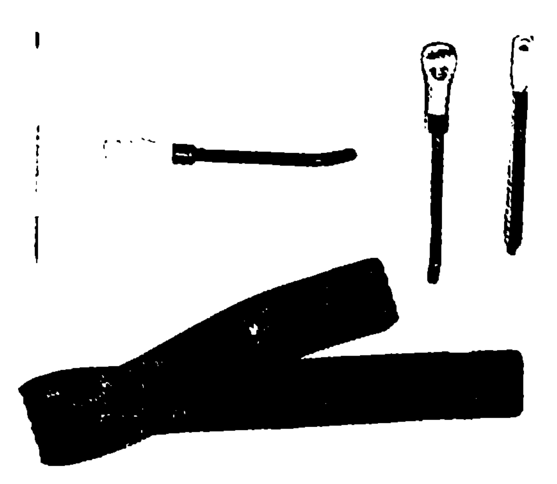
تمثل هذه الطريقة نظرياً مسلكاً أفضل للحقل لاجتياز الأعضاء الحوضية مع احتمال أقل للتداخل مع البنى العظمية، هذه الطريقة السهلة والمناسبة يمكن أن ترفع درجة حرارة الحوض إلى $102,2^{\circ}F$

وتوجد أقطاب خاصة لعلاج الحوض عند الأنثى، يوضع أحدها على البطن والآخر ضمن المهبل الشكل (١-٤٧)، ويجب الانتباه بحذر إذ يمكن للتيار أن يتركز في القطب المهبلي ويؤدي لحدوث حروق، ولتجنب ذلك يوجد ميزان حرارة مهبلي يوضع مع القطب بحيث لا تتجاوز درجة الحرارة $108^{\circ}F$.

يطبق العلاج بشدة وفترة منخفضة في كلا الحالتين، إذ أنه يمكن أن تحدث SW في بعض الحالات مثل التهاب ما حول الرحم parametritis والتهابات الحوض المزمنة تفاقماً في المرحلة المبكرة، وفي حال عدم حدوث تحسن تزاد الشدة والفترة للمدى الطبيعي.



الشكل (١-٤٦)



الشكل (١-٤٧): ويوجد فيه قطب مهبلي مع حزام بطني وقطب شرجي وميزان حرارة

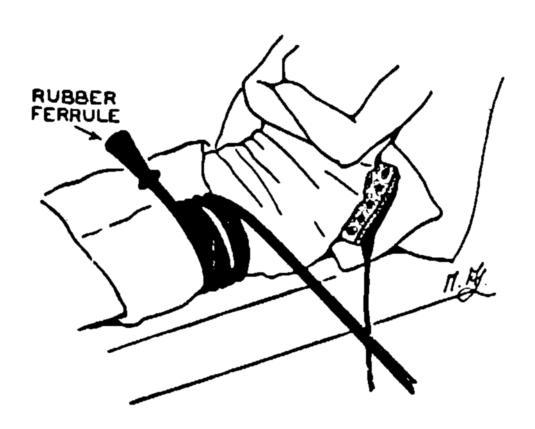
١٢- الورك Hip:

تعالج هذه المنطقة إما باستعمال حقل المكثف بتطبيق قطبين واحد من الأمام والثاني من الخلف (الشكل ١-٤٢) لكن توجد مساوئ لهذه الطريقة إذ يمكن للطاقة أن تتركز في مناطق معينة في كل من الوجه المحدب (المنطقة الأليوية) والوجه المقعر (المنطقة المغبنية)، إضافة إلى أن هذه المنطقة غنية بالنسج الشحمية وارتفاع حرارتها بشكل أكبر.

أو باستعمال حقل التحريض عن طريق الطبل أو الكبل بشكل فطيرة.

وتوجد طريقة أخرى سهلة التطبيق وذات تأثير علاجي جيد تدعى طريقة (القطب-الكبل) يوضع المريض بوضعية نصف الجلوس، يطبق قطب كبير قابل للطي أسفل المنطقة القطنية كقطب أول ويلف كبل معزول من نهايته على الفخذ في الجهة المصابة كقطب ثاني والذي يملك فعلياً تأثير قطب المكثف الشكل (١-٤٨).

إن المساحة الواسعة في هذه الحالة تقلل من تركيز الطاقة في الجلد والطبقة الشحمية وتسمح للتيار بمرور أكبر إلى عضلات هذه المنطقة، إضافة إلى أن هــذه الطريقة توصل كمية أكبر من الطاقة إلى المريض.

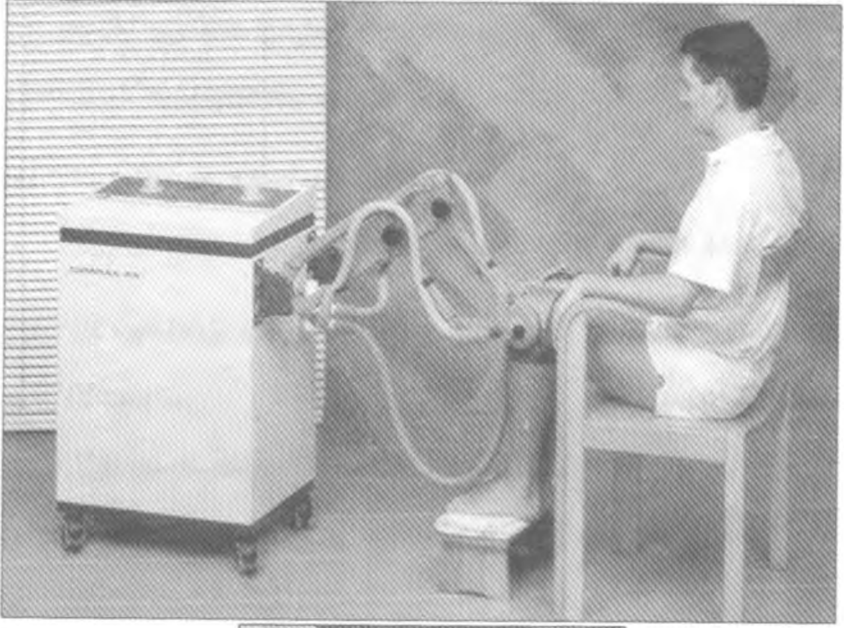


الشكل (١-٤٨): يبين طريقة (القطب-الكبل)لاحظ كيف عزلت نهاية الكبل بعازل مطاطي.

١٣- الفخذ thigh:

يعالج الفخذ بكافة الطرق الشكل (١-٤٢) لكن تعتبر طريقة الكبل هــي الأفضل لسهولة التطبيق وتأمين حقل متجانس ذو تأثير أفضل الشـــكل (١-٣٤) وهذه الطريقة مفيدة لإحداث ارتفاع في درجة الحرارة عند المصابين بانخفــاض في درجة الحرارة hypothermia .







١٤- وتطبق معظم الطرق لعلاج الركبة والكاحل والقدم (الشكل ١-٤٢)

١٥- الجلد skin:

من المحتمل أن تعالج انتانات الجلد skin infections مثل البثور cboils furuncles، الجمرة (دمل كبير) carbuncels بشكل أفضل بطريقة حقل المكثف على أن توضع الأقطاب بحيث يمر الحقل عبر هذه المناطق وعند ارتفاع حرارتها من الأفضل وضع قطب صغير فوق المنطقة المصابة وآخر كبير على الجانب الآخر من العضو.

رابعاً: الاستطبابات ومضادات الاستطباب:

indications and contraindications:

١- الاستطبابات Indications:

- **الالتهابات.**
- **الانتانات البكتيرية.**
- **الحالات الرضية.**
- **تسريع عملية الشفاء.**
- **تفريج الألم.**
- **الإصابات العضلية.**

- **الالتهابات inflammations:**

تحدث SW مجموعة تغيرات مثل التوسع الوعائي وبالتالي زيادة ورود الأغذية والصادات والكريات البيضاء إلى المنطقة، وزيادة تناضح السوائل بين

الأفضية الخلالية والأوعية والتخلص من الفضلات، ومجمل هذه التغيرات تساعد على انحلال الالتهاب resolution of inflammation

يجب توخي الحذر لدى علاج الحالات الحادة acute إذ يمكن لـ SW أن تؤدي إلى تفاقم الحالة الالتهابية، أما في الحالات تحت الحادة subacute يمكن زيادة الجرعة قليلاً ويمكن زيادة الجرعة بشكل واضح في الحالات المزمنة.

تفيد SW في علاج حالات خاصة مثل الإصابات العميقة كما في مفصل الورك، وحالات التهابات العديدة مثل التهاب المفاصل الروماتزمي rheumatoid arthritis التهاب المحافظ المفصلية capsulitis، التهاب الأوتار tendinitis.

والتغيرات الالتهابية التي تحدث في الأربطة حول المفاصل الملتهبة.

* **التأثير على الانتانات البكتيرية effects in bacteirial infections:**

تفيد SW في علاج الالتهابات الناجمة عن الإصابات البكتيرية مثل الدمامل boils والجمرة (دمل كبير) carbuncles والخراجات abscesses، وذلك عن طريق تسريع العملية الالتهابية وزيادة تصريف الفضلات ونواتج الالتهاب، وفي بعض الأحيان تؤدي المعالجة المبكرة إلى تناقص الالتهاب دون تشكل قيح pus.

ولا يفيد تطبيق SW في الالتهابات التي تدوم لفترة طويلة، ويمكن للحرارة أن تدمر البكتيريا لكن من غير الممكن رفع درجة حرارة النسج إلى هذا الحد دون حدوث تضرر فيها.

- **الحالات الرضية traumatic conditions:**

تؤثر SW في علاج الحالات الرضية بنفس طريقة تأثيرها على الالتهاب، ويجب توخي الحذر في الإصابات الحادة إذ يمكن أن تفاقم الحالة زيادة التودم، أما في الحالات المزمنة يمكن زيادة الجرعة والحصول على تأثيرات جيدة بالمشاركة مع طرق العلاج الأخرى.

- **تسريع عملية الشفاء Reducing healnigtime:**

ويحدث ذلك عن طريق زيادة التروية الدموية، التي تساعد في عملية ترميم الجروح، ويجب الانتباه إلى سلامة الاستجابة الوعائية للتأثيرات الحرارية.

- **تفريج الألم Relief of pain:**

إحدى أسباب الألم تكون الفضلات ضمن الأنسجة، وبالتالي يمكن عن طريق تطبيق جرعة خفيفة (الالتهابات الحادة) تهدئة الألم، الذي يساعد فيما بعد على تطبيق العلاجات الأخرى (التمارين) بشكل أفضل.

- **التأثير على النسيج العضلي effects on muscle tissue:**

تفيد SW في إحداث استرخاء عضلي، وبذلك يمكن أن تستعمل في علاج التشنج الناجم عن الالتهاب والإصابات الرضية وتحضير العضو للعلاجات الأخرى (التمارين).

ويمكن تلخيص استطبابات SW على النحو التالي:

١- إصابات الجهاز العظمي-العضلي musculo-skeletal system:

- التهاب المفصل الروماتزمي المزمن والتهاب المفصل العظمي.
- الوثي sparins
- الالتواء strains

- ورم دموي Haematoma
- تمزق الأوتار والعضلات muscle and tendon tears
- أذيات المحفظة المفصلية capsule lesions

٢- الحالات الالتهابية (حادة أو مزمنة):

- الدمامل boils
- الجمرة carbuncles
- التهاب الجيوب sinusitis
- الحالات الحوضية pelvic conditions
- التهابات جروح العمليات infected surgical incision

٢- مضادات الاستطباباب contraindications:

*** التريف Haemorrhage:**

تحدث الحرارة توسع وعائي لذلك لا تطبق مباشرة بعد الإصابة أو النزوف الحديثة، أو البطن والحوض خلال فترة الحيض menstruation والأمراض التي يحتمل أن تؤدي إلى نزوف مثل القرحة المعدية والمعوية أو الناعور haemophilia

- التهاب الأوردة أو الخثرات الوريدية venous thrombosis or phlebitis

يجنب تطبيق SW على المنطقة التي يوجد فيها وريد مصاب، كذلك زيادة الجريان الدموي تؤدي لإزاحة الخثرة من مكانها أو يفاقم الالتهاب.

- أمراض الشرايين Arterial disease:

تجنب تطبيق SW على المناطق ذات التروية الضعيفة، ذلـــك لأن الـــدم يعمل على نقل الحرارة من المنطقة وفي حال عدم حدوث ذلك يمكن أن تحـــدث الحروق.

- الحمل pregnancy

لا تطبق SW على البطن والحوض خلال فترة الحمل.

- **المعادن ضمن الأنسجة metal in the tissues**:

تعمل المعادن على جذب الحقل الكهربائي وبالتالي ارتفـــاع حرارتهـــا وحدوث الحروق.

- **اضطرابات الحس disturbed skin sensation**:

لا يطبق أي شكل من أشكال المعالجة الحرارية على المنـــاطق المصابـــة باضطراب حسي.

- **السرطان Tumours**:

لا تطبق SW على المناطق المصابة بسرطان خبيـــث malignant لأن زيادة الاستقلاب الناتجة عن الترفع الحروري تؤدي لتسريع معدل نمو السرطان.

- **العلاج الإشعاعي X-ray therapy**:

تسلب أشعة إكس X-ray الحيوية من النسج وتجعلها أكـــثر عرضـــة للضرر، لذلك لا تطبق SW على المنطقة المعرضة حديثاً لجرعة علاجية بالأشعة.

كذلك لا تطبق SW للأطفال الذين لم يتطور جهاز التنظيـــم الحـــراري لديهم، والمرضى الذين لا يستطيعون تقدير درجة الحرارة اللازمـــة أو الحـــرارة

المفرطة مثل المصابين بخلل عقلي أو فاقدي الوعي أو الذين يمكن أن يفقدوا الوعي مثل المرضى المصابين بالصرع epileptics.

* **وجود جهاز ناظم للقلب cardiacpacemakers**

خامساً: مخاطر تطبيق الأمواج القصار:

dangers of short wave diathermy :

* **الحروق burns:**

يمكن حدوث الحروق وذلك للأسباب التالية:

- تركيز الحقل الكهربائي.
- استخدام شدة مرتفعة.
- حساسية الجلد المفرطة.
- ضعف التروية الدموية.
- ملامسة الأسلاك للجلد.

لذلك يجب توخي الحذر وإبلاغ المريض عن إمكانية حدوث مثل هـــذه الإصابة.

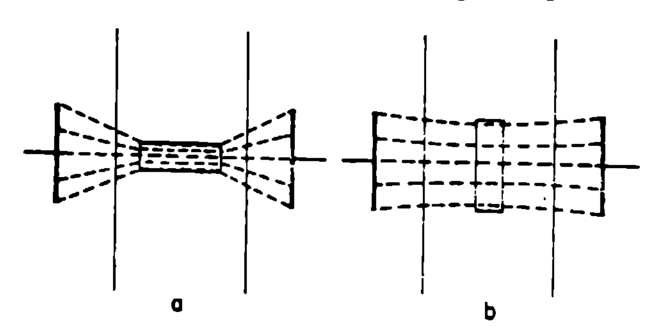
* **تركيز الحقل الكهربائي concentration of electric field:**

يؤدي تركيز الحقل الكهربائي في منطقة لارتفاع حرارتها بشكل كبـــير ويحدث بسبب:

- وجود منطقة صغيرة ضمن الحقل الكهربائي ذات ثابت عزل مرتفع، مثـل وجود معادن أو بقعة رطبة.
- المسافة القليلة بين الأقطاب والنواتئ العظمية في المنطقة المعالجة.

- وضع الأقطاب بشكل خاطئ بحيث يكون أحدها قريب من الجلد.

ويختلف تأثير الحقل الكهربائي على المعادن (الصفائح التي تستعمل لتثبت الفقرات مثلا) بحسب وضعية هذا المعدن نسبة لخطوط الحقل الكـهربائي، أي إذا كان المعدن بشكل مواز لخطوط الحقل يكون تركيز الحقل بشكل أكبر الشـكل (١-a٤٩)، أما إذا كان المعدن بشكل عمودي مع الحقل يكون تركيز الحقل أقل وبالتالي تأثير الضرر أقل الشكل (١-b٤٩).



الشكل (١-٤٩): يبين تأثير المعدن الموجود ضمن النسيج على توزع خطوط الحقل الكهربائي.

a- المعدن بشكل مواز لخطوط الحقل وتركيز أكبر للحقل الكهربائي ضمن المعدن.

b- المعدن بشكل متعامد مع خطوط الحقل وبالتالي تركيز أقل.

- **زيادة التيار excess current:**

يبقى إحساس المريض المؤشر الرئيسي للشدة المطبقة ويمكن أن تحدث زيادة في شدة التيار إذا:

- لم يتفهم المريض طبيعة الإحساس الذي ينبغي أن يشعر به.
- وجود خلل في المستقبلات الحسية الجلدية.
- إذا نام المريض خلال فترة العلاج.

لذلك يجب توخي الحذر بإعلام المريض بشعوره بإحساس دافئ خفيف ومريح وليس أكثر وإلا يمكن أن يحدث الحرق.

- **فرط حساسية الجلد Hypersensitive skin:**

إذا كان الجلد مفرط الحساسية نتيجة التعرض لأشعة X مثلا X-ray أو تطبيق مراهم قبل العلاج فيمكن أن يحدث الضرر بالجرعة العادية من SW.

- **ضعف التروية الدموية impaired blood flow**

يعمل الدم على تبريد حرارة النسج نتيجة الدوران وفي حال ضعف هذه الآلية نتيجة للضغط على الزوائد العظمية مثلا يمكن أن يؤدي ذلك لحدوث الحروق.

- **ملامسة الأسلاك للجلد leads touching the skin:**

يمكن أن تحدث ملامسة الأسلاك للجلد الحروق.

- **السفع (حرق بماء حار أو بخار) scalds:**

ويحدث نتيجة الحرارة الرطبة، مثل علاج مناطق متعرقة أو وضع بشاكير رطبة أثناء تطبيق الكبل، فإذا كانت المنطقة الرطبة صغيرة يحدث تركيز للحقل الكهربائي أما إذا كانت واسعة تؤدي لتأثير حراري زائد وحدوث الحرق.

- **الجرعة الزائدة overdose:**

تؤدي الجرعة الزائدة لزيادة الأعراض مثل الألم وحالات الالتهابات الحادة الموضعية، وبذلك يجب تخفيض الجرعة العلاجية.

- **الصدمة الكهربائية electric shock:**

تحدث في حال وجود تماس بين تيار مدخل الجهاز (تيار التشغيل) وجسم الجهاز.

- **الشرار (الوميض) sparking:**

يحدث نتيجة لمس أحد الأقطاب أثناء التشغيل أو ملامسة سلك التيار لجسم الجهاز، لذلك يجب تحذير المريض من لمس الأقطاب.

- **الإغماء faintness:**

يحدث نتيجة نقص الأكسجة في الدماغ بسبب انخفاض الضغط، وغالبا ما يشاهد بعد المعالجة أثناء نهوض المريض من وضعية الاستلقاء.

- **الدوخة Giddiness:**

يمكن أن يؤدي تطبيق أي تيار كهربائي على الرأس للدوخة بسبب تأثيره على القنوات الهلالية، لذلك يجب أن يكون المريض بوضع مدعوم أثناء علاج منطقة الرأس وإن أمكن وضع الرأس بشكل أفقي horizontal أو منتصب erect

- **تضرر الجهاز damage to equipment**

يجب الانتباه لعدم تسلخ الأسلاك أو وجود خلل في الأقطاب وخاصة انكسار الأقطاب المرنة ضمن أغطيتها أو حدوث تشققات ضمن الأسلاك.

وأخيرا أصبح من الممكن إنتاج وسائل علاج حرارية عميقة جديدة مثل الأمواج فوق الصوتية والأمواج القصيرة حداً وإدخال تحسينات وتعديلات على طرق تطبيق الأمواج القصيرة للحصول على التأثير الحراري المرغوب والنتائج العلاجية الجيدة.

وتبقى كل وسيلة متفردة بخصائص وحالات معينة، لذلك ينبغي اختيار الوسيلة العلاجية المناسبة ويحدد ذلك طبيعة المنطقة المعالجة ونوع الإصابة والتأثير المطلوب.

إذ ليس الهدف الحصول على نتائج جيدة فقط، بل يجب أن يكون تطبيق الجهاز آمنا ويتحقق ذلك بالمعرفة الجيدة للفيزياء الحيوية biophysics والاستجابات الفيزيولوجية والتغيرات التي تطرأ عليها والاستطبابات ومضادات الاستطباب والمخاطر وطرق التطبيق الصحيحة، وبذلك يمكن الاستفادة من الجهاز بذكاء وأكثر فعالية وأمنا.

البحث الثاني

الأمواج فوق الصوتية

Ultra Sound

أولاً: المقدمة

ثانياً: إنتاج الأمواج فوق الصوتية والفيزياء الحيوية.

- **المحول.**
- **خصائص الأمواج فوق الصوتية.**
- **الخواص الفيزيائية الحيوية.**
- **الاستجابة الحرارية.**
- **الاستجابة اللاحرارية.**

ثالثاً: الاستخدامات الطبية.

- **الالتهاب**
- **الألم وسرعة النقل العصبي**
- **الوذمة**
- **الدوران**
- **ترميم السنج**
- **قابلية تمدد النسيج الكولاجيني**
- **التشريد الدوائي**

رابعاً: الاستطبابات

- **مضادات الاستطباب**
- **المحاذير**

خامساً: اعتبارات فيما يتعلق بالطريقة والجرعة العلاجية.

- **الأمواج المستمرة مقابل الأمواج المتقطعة.**

- **الشدة.**
- **دارة العمل.**
- **نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج.**
- **مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.**

سادساً: طرق التطبيق.

- **التماس المباشر.**
- **الغمر بالماء.**
- **حقائب مملوءة بالسائل.**

سابعاً: بروتوكولات العلاج.

- **مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.**
- **الشدة المستخدمة في العلاج.**
- **تحديد جلسات العلاج.**
- **قصة سريرية.**

أولاً- المقدمة: introduction

يعود الاستعمال الواسع للأمواج فوق الصوتية ultrasound للعدد الكبير من الحالات التي تستطب بها، وقلة مضادات الاستطباب والتأثيرات الجانبية، وسهولة تطبيقها إضافة للنجاحات التي حققتها على الصعيد الطبي. .

وغالباً ما تستعمل الأمواج فوق الصوتية في العلاج الفيزيائي بسبب تأثيرها الحراري العميق ومقدرتها على تهدئة الألم، ولتحقيق الأهداف المرجوة من هذه الوسيلة، ينبغي الإحاطة بكافة المعلومات المتعلقة بها، لكي تحقق النتائج العلاجية على أفضل درجة، وفي هذا البحث سنتكلم عن الأمواج المستعملة في العلاج الفيزيائي دون التطرق إلى استعمالاتها في التشخيص الطبي كالإيكو أو علاج الحصيات.

تعد الأمواج فوق الصوتية شكلاً من أشكال الطاقة الصوتية acoustic energy، والصوت عبارة عن تغيرات آلية دورية لوسط مرن كالهواء، ويمكن سماع الصوت ضمن تردد من ٠-٢٠٠٠٠ هرتز، وعلى ذلك فالأمواج فوق الصوتية هي ما زاد ترددها عن ٢٠٠٠٠ هرتز ولا يمكن للأذن البشرية سماعها.

والتردد frequency هو عدد المرات التي تتم فيها الجزيئات دورة كاملة خلال ثانية واحدة.

والترددات الأكثر شيوعاً في مجال العلاج الفيزيائي هي ١ مليون هرتز، ٣ مليون هرتز وتوجد ترددات أخرى مثل ٠,٨ مليون هرتز، ٣,٣ مليون هرتز.

وتفيد الترددات المرتفعة في علاج النسج السطحية superficial tissues بينما تفيد الترددات المنخفضة في علاج النسج العميقة deep tissues وسنتكلم عن ذلك بالتفصيل في الفقرات القادمة.



يشير السهمان إلى عمق الاختراق باستعمال ترددين امیغا هرتــــز و٣.٣ميغــا هرتز

ثانياً: إنتاج الأمواج فوق الصوتية والفيزياء الحيوية:

instrumentation and biophsics:

- **المحول.**
- **خصائص الأمواج فوق الصوتية.**
- **الخواص الفيزيائية الحيوية.**
- **الاستجابة الحرارية.**
- **الاستجابة اللاحرارية.**

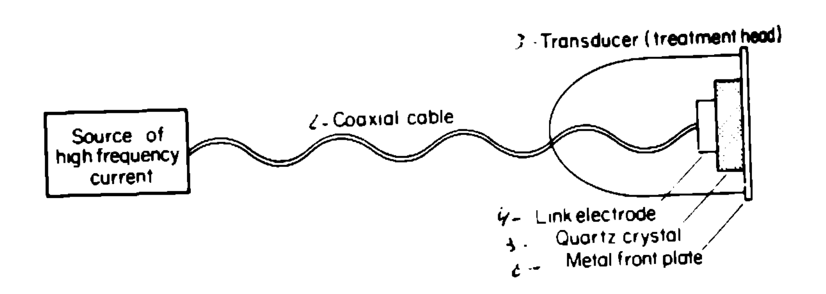
إن معرفة المعالج الفيزيائي كيفية إنتاج الأمواج فوق الصوتية، تمكنه مـــن فهم خصائصها وتأثيراتها بسهولة، يتطلب جهاز US (الأمواج فوق الصوتيـــة) تيار المنزل العادي ٢٢٠ فولط بتردد ٦٠ هرتز كمصدر للطاقة، يتم تحويل هـــذا التيار إلى US على النحو التالي.

١- **محول كهربائي trans former** موجود ضمن الجهاز يزيد من تواتر التيار إلى ٣٠٠ فولط.

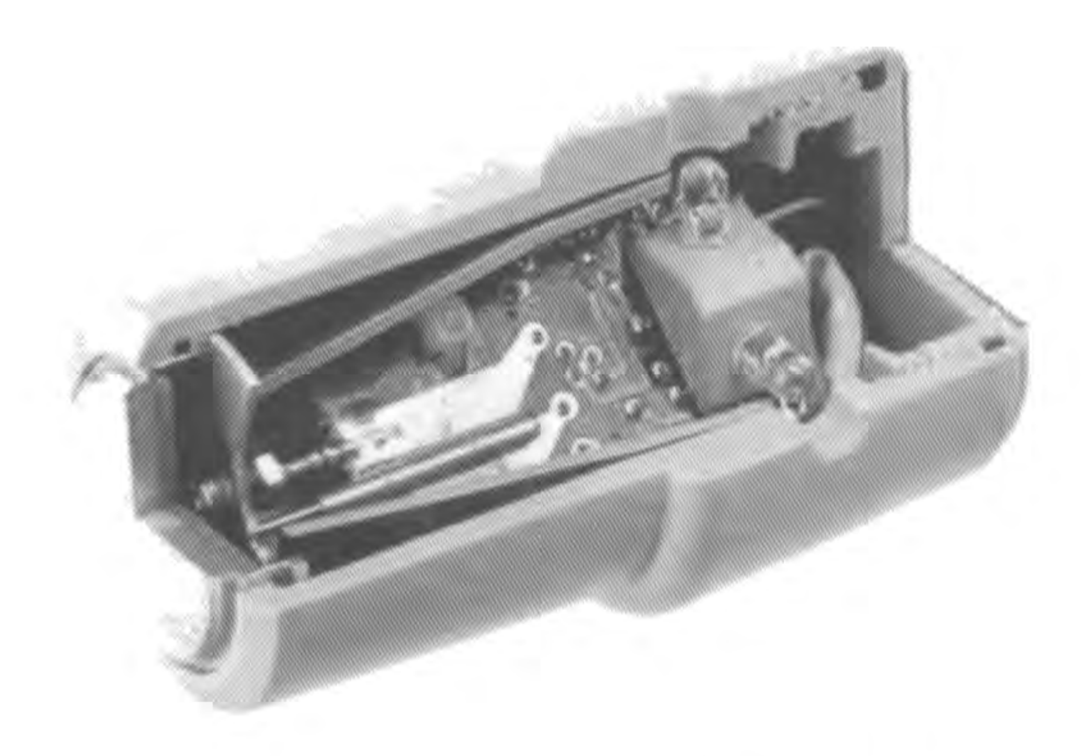
٢- دارة التذبذب **oscillating circuit** ضمن الجهاز ترفع التردد الوارد ٦٠هرتز إلى التردد المطلوب (١مليون هرتز مثلاً).

٣- يتم نقل التيار المعدل ضمن الجهاز عبر كبل محوري coxial cable إلى الكريستال.

٤- يعمل الكريستال على تحويل هذا التيار إلى US.



الشكل (٢-١): يبين رسم تمثيلي لجهاز US
١- مصدر التيار عالي التردد.
٢-كبل محوري.
٣-المحول (رأس العلاج).
٤- قطب مثبت على الكريستال ٥-بلورات الكوارتز ٦-الصفيحة المعدنية الأمامية.



* **المحول transducer:**

يتم إيصال US إلى جسم المريض عن طريق رأس الجهاز treatment head المكون من صفيحة معدنية سطحية مثبت عليها من الداخل طبقة من الكريستال، مصنعة من مواد مختلفة تتمتع بخاصية الانضغاط الكهربي، ومن هذه المواد:

- **بلورات الكوارتز Quartz crystal** وتعد الأفضل بسبب التأثير الكهربي-الضغطي الطبيعي الذي تتصف به، لكنها غالية الثمن إضافة إلى أنها تتطلب تيار ٢٠٠٠-٣٠٠٠ فولط

- **بلورات السيراميك ceramic crystal** المصنعة من تيتانات زركونات الرصاص lead zirconate titanate أو تيتانات الباريوم barium titanate وهي أكثر استعمالاً لسهولة الحصول عليها إضافة إلى أنها تتطلب تيار منخفض التوتر.

تعمل طبقة الكريستال هذه والتي تدعى المحول transducer على تحويل التيار الوارد من الجهاز إلى طاقة ميكانيكية وذلك بالتأثير الكهربي الضغطي المعاكس.

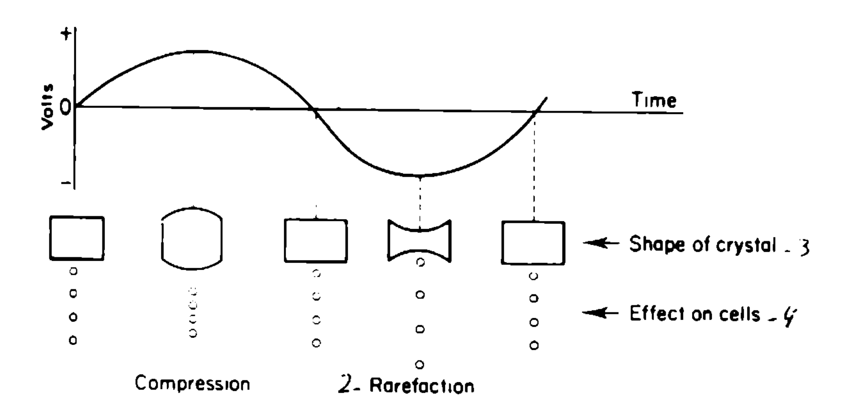
والتأثير الكهربي الضغطي piezoelectric effect: هو ظهور الشحنات الكهربائية على بلورات معينة بتطبيق ضغط ميكانيكي عليها.

والتأثير الكهربي الضغطي المعاكس reverse piezoelectric effect هو إنتاج طاقة ميكانيكية بوساطة دفع الشحنات الكهربائية عبر البلورات، والشكل (٢-٢) يوضح تأثير التيار الكهربائي على الكريستال.

لدى تطبيق تيار مستمر على البلورات يؤدي ذلك لتغيير شكلها ويكون هذا التغيير باتجاه مرور التيار، أي باتجاه واحد فقط.

أما عند تطبيق تيار متناوب كما في الأجهزة، فإن شكل البلورات يتغير خلال الطور الأول ثم يتغير بالاتجاه المعاكس عند الطور الثاني.

ويؤدي الاهتزاز الميكانيكي لهذه البلورات لإنتاج موجات ضغط ميكانيكي تعرف بالأمواج فوق الصوتية.



الشكل (٢-٢): يبين تأثير طوري التيار المتناوب على الكريستال وكيفية تغيير شكلها وتأثير الضغط على الأنسجة.

١- الانضغاط.

٢-الخلخلة.

٣- شكل الكريستال .

٤- التأثير على الخلايا.

× خصائص الأمواج فوق الصوتية characteristics of US:

تحدد قيمة التردد الصادر عن رأس الجهاز عن طريق دارة التذبذب ضمن الجهاز، وتمثل الصيغة التالية العلاقة بين التردد وسرعة الأمواج:

السرعة = طول الموجة× التردد

وتبين الصيغة السابقة بالتناسب العكسي بين طول الموجة والتردد، وحالما تصبح قيمة التردد ثابتة، تبدأ الأمواج بالانتشار ضمن الوسط عند هذه القيمة.

تتعلق سرعة الأمواج بالخصائص الفيزيائية للوسط الذي تنتقل فيه وتتغير بتغير كثافة النسج، وتعد الأوساط الصلبة ناقلاً جيداً للأمواج فوق الصوتية، ولا يمكن أن تنتقل في الخلاء vacuum ويبين الجدول (٢-١) سرعة انتقال الأمواج في أوساط مختلفة والكثافة الكتلية وطول الموجة بتردد ١ميغا هرتز و ٣ ميغا هرتز.

- الجدول (٢-١) -

الوسط	السرعة (م/ثا)	الكثافة الكتلية (كغ/م٣)	طول الموجة (مم) ١ميغا هرتز	طول الموجة (مم) ٣ ميغا هرتز
الألمنيوم	٥١٠٠	٢,٧×١٠ ٣	٥,١	١,٧
الدم	١٥٦٦	١×١٠ ٣	١,٥٧	٠,٥٢
الأوعية الدموية	١٥٣٠	١,١×١٠ ٣	١,٥٣	٠,٥١
النسيج العظمي	٣٤٤٥	١,٨×١٠ ٣	٣,٤٤	١,١٤
الجلد	١٥١٩	-	١,٥١	٠,٥
الغضاريف	١٦٦٥	-	١,٧٥	٠,٥٨
الهواء في (٢٠ °C)	٣٤٣	٠,٠٠١٢×١ ٣ .	٠,٣٤	٠,١١
الأوتار	١٧٥٠	-	١,٧٥	٠,٥٨
النسيج العضلي	١٥٥٢	١×١٠ ٣	١,٥٥	٠,٥٢
النسيج الشحمي	١٤٧٨	٠,٩×١٠ ٣	١,٤٨	٠,٤٩
الماء في (20°C)	١٤٩٢	١×١٠ ٣	١,٤٩	٠,٥

وتبين مما تقدم بأن الهواء ناقل ضعيف لـــ US، وإن عدم التوافق بـــين الطاقة الصادرة عن الرأس وناقلية الهواء لها يؤدي لتضرر طبقة الكريستال، وبذلك ينبغي تجنب تشغيل الجهاز والرأس موجه للهواء، بل يجب استعمال وســيط ذو ناقلية جيدة.

تنتقل الأمواج ضمن النسج الرخوة بطريقتين:

أ- الأمواج الطولانية.

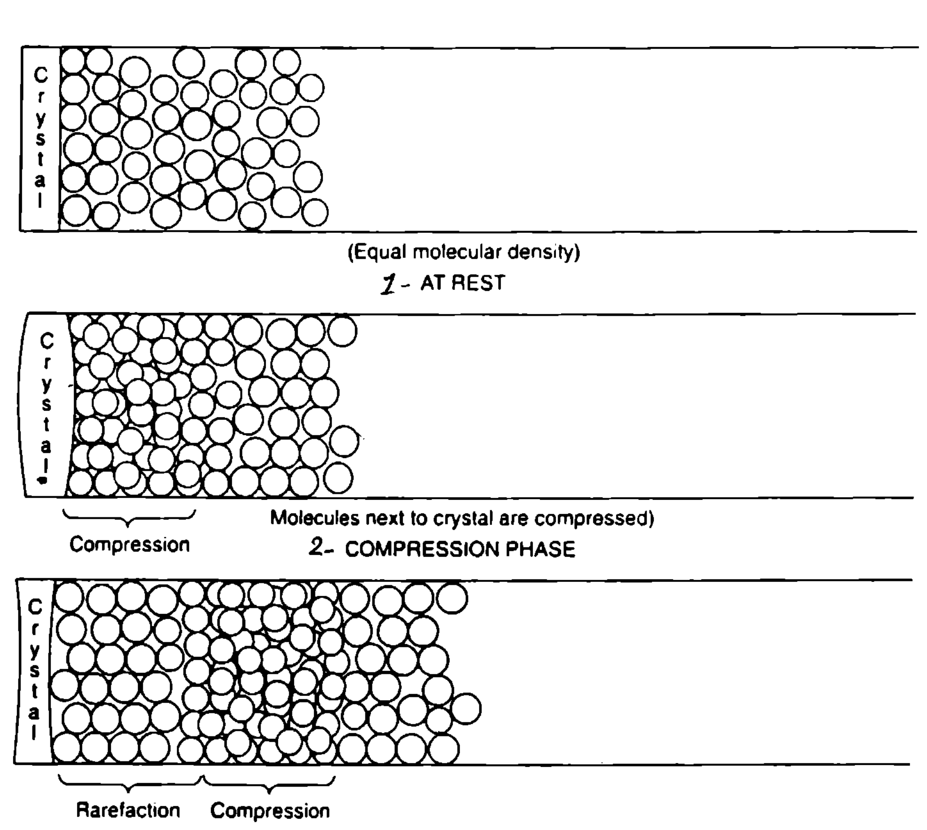
ب- الأمواج المعترضة.

أ- الأمواج الطولانية longitudinal:

تغادر الأمواج رأس الجهاز بشكل مستقيم مؤدية لتحريـــك جزيئـــات الأنسجة بشكل موازٍ لبعضها وباتجاه انتشار الأمواج، ولإيضاح عمل الكريستال والتأثير الكهرضغطي نقدم المثال التالي: لنفترض وجود أسطوانة إحدى نهايتيـــها مغلقة وتحتوي على وسط سائل ونضع مكبس piston عند النهاية الثانية، بهـــذه الحالة يكون السائل متوازناً، نعمل على ضغط المكبس للأمـــام ويـــؤدي ذلـــك لانضغاط الجزيئات المتوضعة أمام المكبس باتجاه المكبس ويدعى هذا الطور بطـور الانضغاط compression، بعد ذلك نعمل على إعادة المكبس إلى الحالة الأولى فتعود الجزيئات إلى ما كانت عليه، ويدعى هذا الطور بالخلخلـة rarefaction، تكرر هذه العملية عدة مرات مما يؤدي لانضغاط الجزيئات وخلخلتها بشـــكل دوري، تستمر هذه العملية حتى نفاذ الطاقة.

يعمل الكريستال على تحريك الجزيئات بنفس عمل الكبـــس، وذلـــك بالحركة الدورية للأمام والخلف مليون مرة بالثانية، وبذلك تعمل الأمواج فـــوق الصوتية على ضغط وخلخلة جزيئات الأنسجة بنفس اتجاه US، تدعـــى هـــذه

الحركة بتموج الجزيئات المجهري microstreaming of molecules، الشكل (٢-٣).ويمكن إحداث هذا التموج لكن بشكل مرئي بوضع رأس الجهاز ضمن الماء وتوجيهه للأعلى وترفع الشدة تدريجياً مما يؤدي لازدياد الحركة التموجية للماء بازدياد الشدة.



الشكل (٢-٣): يبين طوري الضغط والخلخلة في الأمواج الطولية:

١- طور الراحة (تكون الجزيئات بشكل متوازن)

٢- طور الإنضغاط (انضغاط الجزيئات القريبة من الكريستال)

٣- طور الخلخلة (تراجع انضغاط الجزيئات القريبة من الكريستال).

تشكل US بانتقالها ضمن الوسط ما يدعي بالحقل القريب والحقل البعيد.

الحقل القريب near field: هو المنطقة الموجودة ضمن الأمواج والممتدة من سطح رأس الجهاز وحتى النقطة التي تكون الشدة فيها أعظم ما يمكن الشكل (٢-٤) وتتوضع الشدة العظمى والشدة الصغرى في هذه المنطقة بشكل قريب من بعضهما.

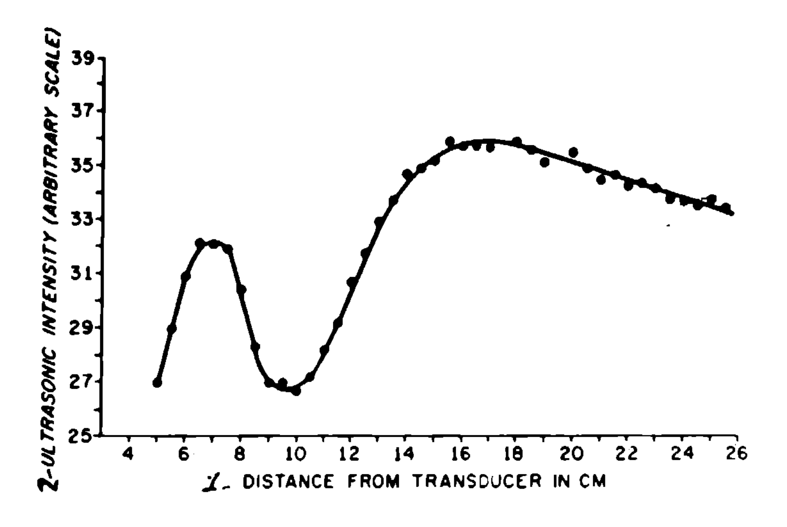
يعتمد امتداد هذا الحقل على نصف قطر الكريستال وطول الموجة، ويمثل بالعلاقة التالية: عمق الحقل القريب=(نصف قطر الكريستال r)^{٢} الشكل (٢-٥أ)

طول الموجة λ

تزداد زاوية انحراف الأمواج بصغر قطر الكريستال، الشكل (٢-٥ب) وبما أن التردد وطول الموجة متناسبان عكساً، يختلف عمق الحقل القريب باختلاف التردد، ويصل عمق الحقل القريب إلى ١٠سم باستعمال رأس علاج ٥سم^{٢} و ٢سم باستعمال رأس علاج ١سم^{٢} بتردد ١ ميغا هرتز.

والمنحني البياني في الشكل (٢-٦) يبين المسافة بين الرأس المعالج وتوضع نقطة الشدة العظمى لدى استخدام ترددين ٠,٨مليون هرتز و ١مليون هرتز باستعمال أقطار مختلفة.

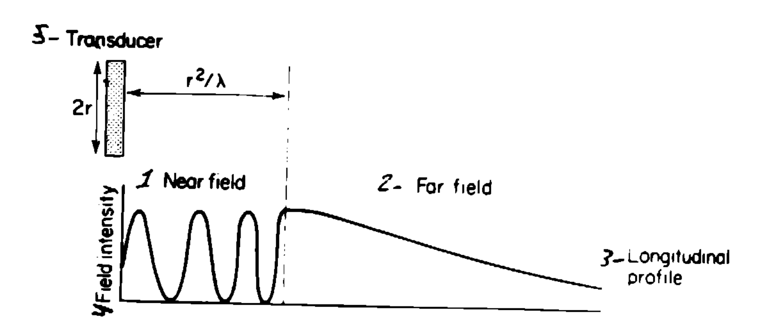
الحقل البعيد far field: هو المنطقة الموجودة بعد نقطة الشدة العظمى، حيث تكون الشدة متماثلة في الحقل الشكل (٢-٤). ويعد الحقل القريب أكثر فعالية في علاج بعض الحالات من الحقل البعيد.



الشكل (٢-٤):

١- بعد المسافة عن الكريستال.

٢- الشدة.



الشكل (٢-٥أ):

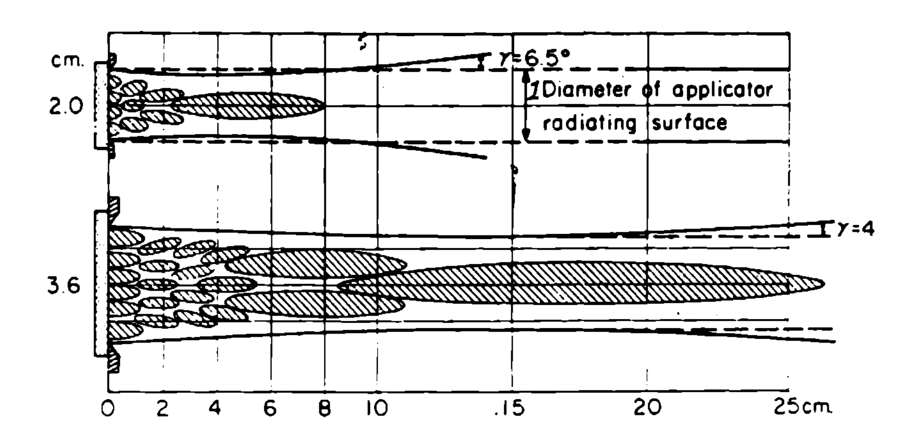
١- الحقل القريب.

٢- الحقل البعيد.

٣- مظهر جانبي للأمواج الطولية.

٤- شدة الحقل.

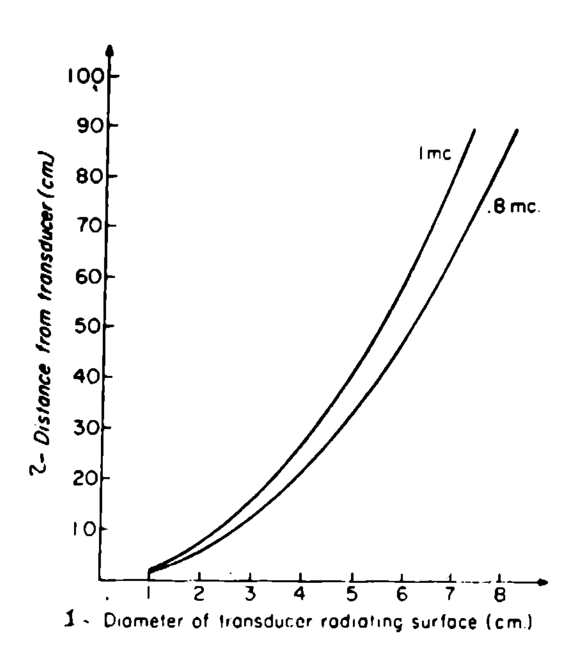
٥- المحول (الكريستال).



الشكل (٢-٥ب): يبين التمثيل التخطيطي لحزمة الأمواج

γ تمثل زاوية انحراف الحزمة beam

تبين المناطق المظللة الشدة المرتفعة ١- قطر الكريستال



الشكل (٢-٦): يمثل الحقل القريب باستعمال رؤوس علاج مختلفة الأقطاب وبترددين مختلفين: ١- قطر الكريستال. ٢- البعد عن الكريستال.

ب- الأمواج المعترضة **transverse wave**:

وهي ناجمة عن القوى الاحتكاكية frictional forces للجزيئات المتدافعة مع بعضها، وتسبب هذه الأمواج تذبذب الجزيئات بشكل متعامد مع اتجاه انتقال الأمواج فوق الصوتية، وتحدث فقط في الأجسام الصلبة التي تسمح بنقل هذه الأمواج، بينما لا تكون الأوساط السائلة قادرة على نقلها، فالجليد مثلاً يمكن أن ينقلها بينما لا يستطيع الماء ذلك.

وتعمل هذه الأمواج وظيفياً على تسخين العظم وخصوصاً عند توجيه الأمواج للعظم بزاوية إسقاط مائلة.

- **الخواص الفيزيائية الحيوية Biophysical characteristics:**

تمتع US ببعض خصائص الطاقة الإشعاعية، فهي يمكن أن تنتقل، تمتص، تنعكس، تنكسر وتحدد كل من هذه الخصائص نوعية النسيج ودرجة زاوية إسقاط الأمواج فوق الصوتية.

- الناقلية **transmisseveness**:

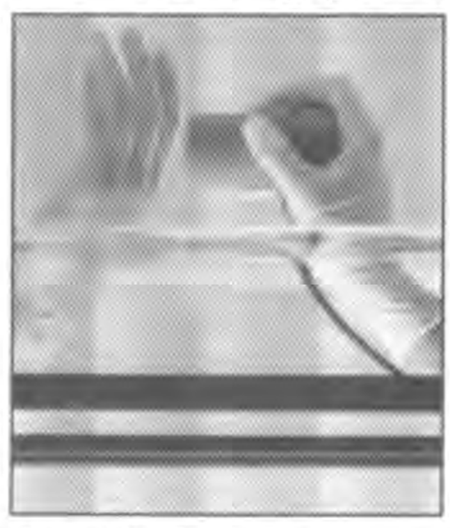
تنتقل US بشكل جيد عبر الأوساط المتجانسة وتزداد هذه الناقلية بازدياد صلابة الوسط مثل الفولاذ steel، بينما تخف بنقصان كثافة وتجانس الوسط، الماء water.

يتناسب اختراق الأمواج للوسط طرداً مع الناقلية، أي كلما زادت ناقلية الوسط كان عمق الاختراق أكبر، وعمق الاختراق الفعال في أجهزة العلاج الفيزيائي يتراوح بين (٣-٥سم) ويتناسب الاختراق عكساً مع التردد، أي أنه كلما زاد التردد كلما كان عمق الاختراق أقل، الجدول (٢-٢) ويفسر ذلك على النحو التالي:

الجدول (٢-٢): عمق الاختراق لأوساط مختلفة

الوسط	١ميغا هرتز	٣ميغا هرتز
النسيج العظمي	٧مم	-
الجلد	٣٧مم	١٢مم
الغضاريف	٢٠مم	٧مم
الهواء	٨مم	٣مم
النسيج الوتري	٢١مم	٧مم
النسيج العضلي	٣٠مم	١٠مم
النسيج الشحمي	١٦٥مم	٥٥مم
الماء	٣٨٣٣٠مم	١٢٧٧٠مم

عندما يزداد التردد، يزداد ضعف attenuation الأمواج وبذلك تقل الطاقة اللازمة للاختراق، ويحدث الضعف نتيجة الامتصاص absorption والاستطارة scuttering التي تصيب الأمواج عند اختراقها للوسط، ويبين الجدول (٢-٣) نسبة الامتصاص لأوساط مختلفة.



ملاحظة: ينصح بارتداء المعالج الكفوف الجراحية عند المعالجة تحت الماء

- الجدول (٢-٣) -

الوسط	١ميغا هرتز	٣ميغا هرتز
الدم	٠,٠٢٨	٠,٠٨٤
الأوعية الدموية	٠,٤	١,٢
النسيج العظمي	٣,٢٢	-
الجلد	٠,٦٢	١,٨٦
الغضاريف	١,١٦	٣,٤٨
الهواء (٢٠ C)	٢,٧٦	٨,٢٨
النسيج الوتري	١,١٢	٣,٣٦
النسيج العضلي	٠,٧٦	٢,٢٨
النسيج الشحمي	٠,١٤	٠,٤٢
الماء (٢٠ C)	٠,٠٠٠٦	٠,٠٠١٨
النسيج العصبي	٠,٢	٠,٦

الاستطارة scattering هي إنتاج أمواج كروية spherical waves عند تعريض سطح عاكس بالغ الصغر للأمواج بحيث يكون طول الموجة أكبر من هذا السطح، وهذه الأمواج تطلق US المنعكسة في جميع الاتجاهات.

وتعد نواة الخلية، الأوعية الدموية الشعرية مثالا على السطوح المؤدية لإنتاج الأمواج الكروية وتحدث الاستطارة في جميع النسج الحية بسبب عدم التجانس للتراكيب الخلوية المختلفة، وتختلف درجة ضعف الأوساط، فيمكن لوسطين أن يمتلكا نفس درجة الضعف وبالمقابل يمتلكان درجة امتصاص واستطارة مختلفة.

وللتردد اعتبار كبير في العلاج، فقد سجل كل من karselis و Griffin عمق اختراق قدره ٥سم باستعمال تردد ١ ميغا هرتز و ١٠ سم بتردد ٩٠ كيلو هرتز أي تردد أقل والأجهزة التجارية المتوفرة والتي تحوي تردد ١ميغا هرتز تسمح بعمق اختراق مناسب دون حدوث أخطار جانبية كزيادة عمق الاختراق أو تشكل فقاعات من الغاز ضمن الأنسجة والذي يدعى التجوف cavitation الناجم عن التردد المنخفض والذي سنتكلم عنه لاحقاً.

- الامتصاص absorbtion:

كما تقدم في الفقرة السابقة، يتناسب الامتصاص عكساً مع الاختراق، أي بازدياد درجة امتصاص الوسط للأمواج، تنقص الطاقة اللازمة للاختراق هذا الوسط، وأجريت دراسات عديدة بينت درجة امتصاص الأوساط المختلفة في الجسم، ومن هذه الدراسات التي أجراها Pierso على نسج مختلفة، فتبين أن النسج المحتوية على كمية بروتين مرتفعة تملك درجة امتصاص أكبر.

كما أجرى Wells دراسة أخرى تبين منها أن النسج المحتوية على الكولاجين بنسبة مرتفعة تمتلك درجة امتصاص أكبر، وكلا المؤلفين وضعا قائمة لأنواع مختلفة من النسج تبين درجة امتصاصها، وقد بدأت بدرجة الامتصاص الأعلى:

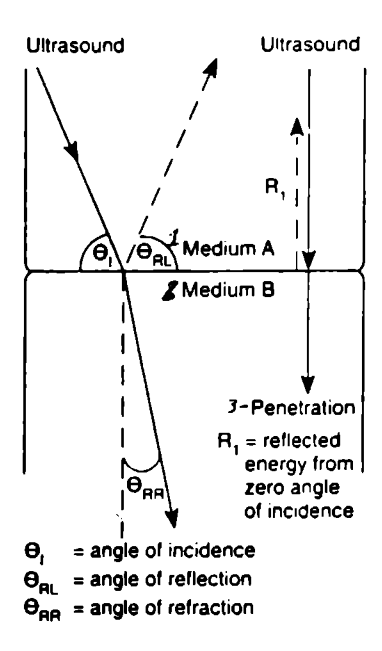
((العظم - الأعصاب المحيطية - العضلات الهيكلية - الدسم - الدم - الماء)).

كما أضاف كل من Dunn و Frizzell الغضاريف والأوتار للقائمة، حيث وضعاها بين العظم والعضلات الهيكلية.

والأهمية السريرية لهذه المعلومات أن الأمواج تنتقل بشكل جيد ضمن الماء والدسم بدرجة امتصاص منخفضة، وبالتالي تسمح بعمق اختراق أكبر، وعـــدم حدوث التأثير الحراري والذي سنتكلم عنه لاحقاً.

- الانعكاس والانكسار Reflection and refraction:

يحدث الانعكاس والانكسار عندما تنتقل الأمواج بين وسطين مختلفـــي الكثافة، وتكون زاويته الانعكـاس angle of reflection مســاوية لزاويــة الإسقاط angle of incidence فإذا كانت زاوية الإسقاط ٦٠° من اليمـــين كانت زاوية الانعكاس ٦٠° من اليسار، أما إذا كانت زاوية الإسقاط عموديـــة على السطح فيكون الانعكاس باتجاه رأس العلاج مباشرة كما في الشـــكل (٢-٧)، وإذا ثبت الرأس بهذه الوضعية فإن الأمواج تنتقل وتنعكس بشكل دوري من وإلى الرأس وبالتالي تكون أمواج مستمرة standing wave وهي منطوية علـى مخاطر للنسج الحية بسبب التركيز المرتفع للأمواج.



الشكل(٢-٧): يبين انعكاس وانكسار الأمـــواج ضمـــن وســـطين مختلفين

١- وسط A

٢- وسط B

٣- الاختراق.

R1 انعكاس الطاقة من الزاوية 0 للإسقاط

υ1 زاوية الإسقاط

υ R1 زاوية الانعكاس

υ RR زاوية الانكسار

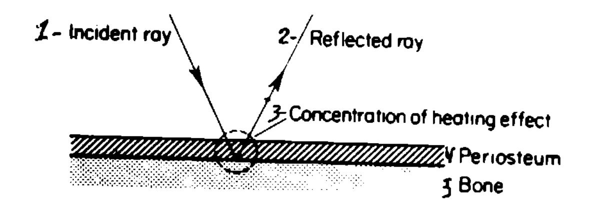
أما الانكسار refraction هو انحراف أمواج الطاقة ويتعلق بالتغــــيرات الحاصلة في سرعة طول الموجة عندما تنتقل بين وسطين مختلفين.

تتناقص سرعة وطول الموجة عندما تنتقل من وسط مرتفع الكثافــــة إلى وسط منخفض الكثافة، وتصبح زاوية الانكسار أصغر من زاوية الإسقاط الشكل (٢-٧).

يحدث الانعكاس، الانكسار والضعف للأمواج فوق الصوتية في الجســـم بشكل كبير ضمن السطوح البينية للنسج tissue interface أي المسافة الكائنة بين نسيجين مختلفين وهي:

- **النسيج الشحمي إلى العضلات**
- **العضلة إلى الصفاق**
- **الأوتار إلى السمحاق**
- **الأربطة إلى السمحاق**

كما في الشكل (٢-٨)



الشكل (٢-٨):

١- الأمواج الساقطة.

٢- الأمواج المنعكسة.

٣- تركيز التأثير الحراري.

٤- السمحاق.

٥- العظم.

وتعتمد نسبة الانعكاس والانكسار على المعاوقة الصوتية acoustic impedance لكل وجه من وجوه السطح البيني وهي حاصل ضرب كثافة المادة بسرعة الأمواج عبرها:

المعاوقة الصوتية = الكثافة× السرعة.

- **الاستجابة الحرارية thermal responses:**

تستعمل US بشكل رئيسي بسبب تأثيرها الحراري ويجب أن تمتص الأمواج من قبل النسج حتى تحدث هذه الاستجابة، ويتم هذا باستعمال تردد مرتفع.

تنتشر الأمواج إلى النسج المجاورة بوساطة الانعكاس، الانكسار والانتقال ويجب عدم الخلط بين هذه الحوادث وإنتاج الحرارة، وعند تشكل الأمواج المستمرة نتيجة الانعكاس (الإسقاط المتتالي للأمواج، تزداد الاستجابة الحرارية بسبب زيادة تركيز الطاقة) ولايؤدي الانعكاس لإنتاج أمواج مستمرة دائماً.

ويمكن القول بأن الاستجابة الحرارية تزداد بازدياد نسبة امتصاص النسج لهذه الطاقة، ويعد الشحم fat وسط متجانس ينقل US بشكل جيد وبدرجة امتصاص منخفضة ودون حدوث تأثير حراري هام وبالتالي تفضيلها على استعمال الأمواج القصار عند رفع حرارة النسج العميقة وليس من الضروري أن كل وسط يمتلك درجة امتصاص مرتفعة ينبغي أن ترتفع حرارته بشكل أكبر، إذا ينبغي توفر عوامل عدة لرفع كامل درجة حرارة النسيج total tissue temperature rise (TTR) وهي:

- معدل الشدة المطبقة وفترة التطبيق
- الناقلية الحراية
- معدل الجريان الدموي ضمن النسيج.
- معدل الشدة المطبقة وفترة التطبيق:

ويتم التحكم بها بوساطة مفتاح الشدة وشكل الأمواج المستعملة (مستمر-متقطع)، فإذا كانت الشدة منخفضة فلن تتوفر طاقة كافية لإحداث (TTR) هام، أما إذا كانت مرتفعة بشكل كبير يؤدي لارتفاع حراري موضع بشكل مفاجئ وحدوث الألم لعدم توفر الوقت الكافي لانتقال الطاقة للنسج المجاورة.

ولإحداث ارتفاع حراري جيد في النسج العميقة المتوضعة حول العظم يجب أن يكون مستوى الطاقة:

١- منخفض بشكل كافٍ لإحداث ارتفاع في درجة حرارة العظم دون الوصول لعتبة الألم.

٢- مرتفع بشكل كافٍ من أجل الاختراق.

٣- تطبق لفترة زمنية كافية لانتشار الحرارة إلى النسج المجاورة.

وفي حال حدوث ألم ينبغي سحب US قبل حدوث TTR في النسج المجاورة.

- **الناقلية الحرارية:**

يمتلك العظم ناقلية حرارية ودرجة امتصاص أكبر من النسج المجاورة، وبالتالي ترتفع حرارته بنسبة قليلة وذلك لانتقال الحرارة إلى المناطق المجاورة غير المعرضة للأمواج إضافة إلى أن ٢٠-٣٠% من الأمواج الساقطة على العظم تنعكس على النسج المتوضعة حوله، وبالتالي تسمح هذه الأمواج برفع حرارة النسج المجاورة.

- معدل الجريان في النسج:

عند تعريض نسيج له تروية ضعيفة للحرارة فلن يستطيع هذا النسيج نقل الحرارة إلى المناطق المجاورة كما لو كانت التروية جيدة، وبالتالي يصبح خطر الأذية الحرارية أكبر.

مثلاً: يكون خطر الأذية الحرارية أقل بكثير عند تعريض بطن العضلة ذي التروية الجيدة، من تعريض الأوتار ذات التروية الضعيفة، وبالتالي مراعاة حالة التروية الدموية لدى استعمال العلاج الحراري.

* الاستجابة اللاحرارية nonthermal responses:

تدعى التأثيرات اللاحرارية للأمواج فوق الصوتية أحياناً بالتأثيرات الميكانيكية mechanical effects وهي:

- المساج المجهري.
- إحداث تقبض أو توسع شريني.
- زيادة قابلية النفوذية الغشائية.
- التجوف.

• المساج المجهري micro massage:

يشير تعبير المساج المجهري لحركة أو تذبذب سوائل الجسم وأنسجته نتيجة التعرض للأمواج، وقد استخدم هذا التعبير عام ١٩٤٢ لوصف عمل US ومن المحتمل أن تكون التأثيرات الميكانيكية ناجمة عن الحركة المجهرية لأنسجة الجسم.

- **إحـــداث تقبـــض أو توســـع شـــريني Arteriolar vasoconstriction or dilation:**

مازالت آلية إحداث التقبض والتوسع الشـــرييني الناجمـــة عـــن التأثـــير الميكانيكي غير واضحة. استعمل Hagen etal وزملائه طريقة الأمواج المتقطعة بالطريقة الثابتة وبشدة فوق المستوى العلاجي (٥-١٠واط/سم٢) لإظهار التقبض الشريني في العضلة المشمرة لدى الفأر، ثم استعمل الطريقة نفسها ولكن بشـــدة ضمن المدى العلاجي لإظهار التوسع الشريني وزيادة فتح الأوعيـــة الشـــعرية في العضلة المصابة بإقفار مزمن، وقد تم الحصول على هذه النتائج بغياب الاســـتجابة الحرارية، وما زالت الآلية لرد الفعل هذا غير واضحة.

واعتمادا على هذه النتائج يمكن استعمال التأثير الميكانيكي للأمواج بشدة ضمن المدى العلاجي، كما يحتاج ذلك لمزيد من الأبحاث قبل التوصل لأي نتيجة نهائية.

- **زيادة قابلية النفوذيـــة النشـــائية increased membrane permebility:**

وجد من خلال الدراسات والأبحاث أن US تحدث تغيـــير في معـــدل الانتشار diffusion وقابلية النفوذية النشائية، حيث تسبب US تأثير ناشـــط للسوائل قرب الغشاء الحيوي، وذلك من خلال إثارة الشوارد والتي تسبب زيادة التركيز الشاردي قرب الغشاء وبذلك تسرع معدل الانتشار وقد أثبـــت Loat و Darling أن زيادة النفوذية الغشائية للكريات الحمر للبوتاسيوم تحدث بالتأثير الميكانيكي بشكل أفضل من التأثير الحراري، ويدعم هذا أيضا التأثير الميكـــانيكي لـــ US في ناقلية الغشاء.

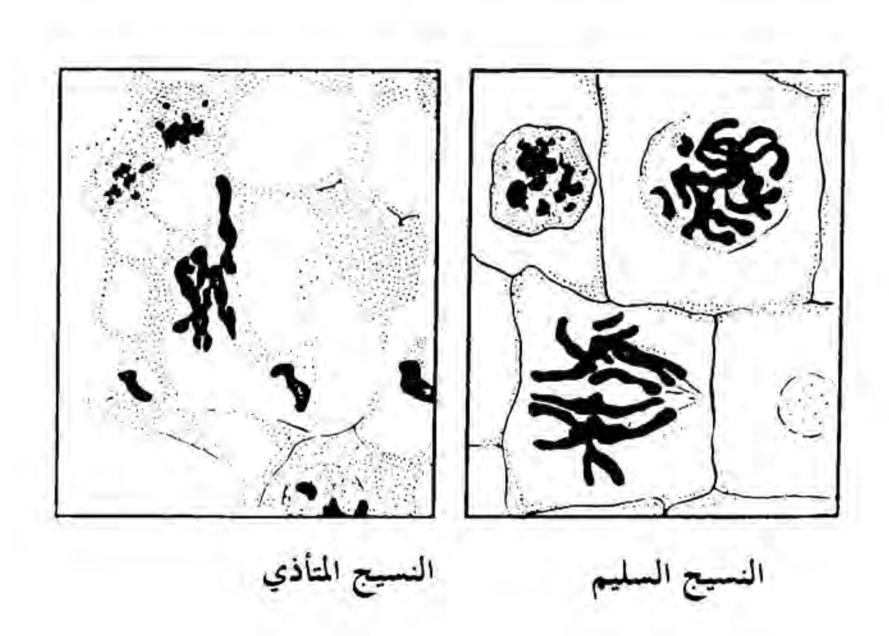
- **التجوف cavitation:**

يشير التجوف إلى تشكل وانخماص تجاويف مملوءة بالغاز أو البخـــار في السوائل، وهو الأكثر شيوعاً للاستجابة اللاحرارية، ويحدث عندمـــا تتعــرض أجواف صغيرة (فقاعات) من الغاز ضمن الجهاز الحيــوي لــدورات الضغــط والخلخلة للأمواج.

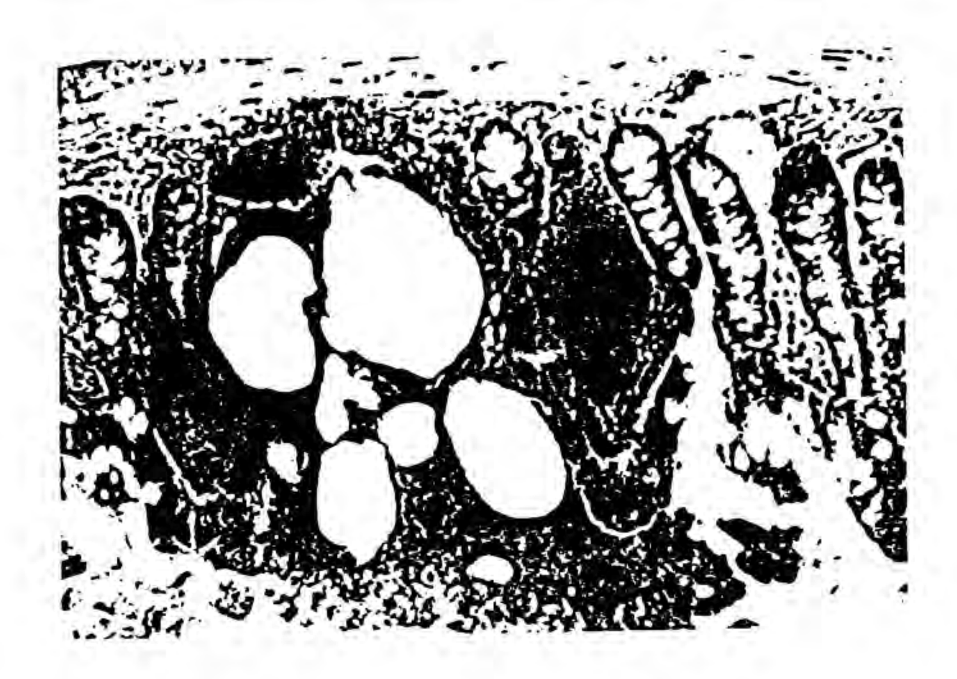
وعندما تكون الفقاعة بحجم مستقر تبدأ بالتذبذب ضمن حقل الأمـــواج وتعتبر جوف مستقر وهذه المرحلة غير مخربة، ومع التعريض الزائد للأمواج، يمكن أن يحدث التموج المجهري زيادة في الضغط الخلوي والتأذي النسيجي وعندمـــا تصبح الفقاعة بحجم أكبر يصبح غشاء النسيج رقيقاً وأكثر هشاشة الشكل (٢-٩) تؤدي الموجات الضاغطة لانخماص الجوف وحـــدوث التجويـــف العـــابر transient cavitation، الذي يودي لتخرب خلوي بقعي الشـــكل (٢-٩أ) وحدوث التأذي النسيجي، وتم الحصول على هذه النتائج أثناء الدراسات المخبرية و لم تحدث ضمن النسج السليمة وتكون نسبة حدوثها أكبر باستخدام تـــرددات منخفضة مثل ١٠ كيلو هرتز وممكن حدوثه ضمن المخبر باستخدام شـدة ١,٠-١واط/سم٢ بتردد ١ميغا هرتز، ولإحداث النتائج نفسها ضمن النسج الســـليمة يتطلب ذلك شدة ١٠٠ واط/سم٢، وقد أشارت معظم الدراسات بأن التجويف العابر لايحدث ضمن الجسم باستعمال تردد ١ ميغا هرتـــز وشـــدة أقـــل مـــن ٣ واط/سم٢ كما أقر Williams بأن التجويف العابر لم يثبت بشكل مقنـــع ضمن النسج السليمة باستخدام الشدات والترددات العلاجية وحذر من إمكانيـــة حدوث التجوف المستقر ضمن المدى العلاجي وتوجد عوامل أخرى غير الأمواج مثل التمارين والتقلصات الناجمة عن التنبيه الكهربائي تزيد من تشكل الفقاعـــات الغازية، كما أضاف بأن تطبيق الأمواج مع التنبيه الكهربائي منطوٍ على مخـــاطر

بشكل أكبر من استعمال كل علاج على حـــدى، وهنـــاك الحاجـــة للمزيـــد من الأبحاث للتأكيد بأفضلية العلاج المشترك لتـــبرير اســتخدامه بـــدلاً مـــن المعالجة المفردة.

ويمكن الحد من التأثير الضار للتجوف على النسج باستعمال شدة أقل من ٤ واط/سم[٢] واستعمال الطريقة النبضية للأمواج وتحريك رأس الجـــهاز أثنـــاء العلاج مع الضغط.



الشكل (٢-٩أ)



الشكل (٢-٩ب): يبين تأذي الغشاء المخاطي في الأمعاء وحدوث النزوف وتشكل الفقاعات الغازية.

ثالثاً: الاستخدامات الطبية: clinical uses

- **الالتهاب.**
- **الألم وسرعة النقل العصبي.**
- **الوذمة.**
- **الدوران.**
- **ترميم النسج.**
- **قابلية تمدد نسيج الكولاجين.**
- **التشريد الدوائي.**

* الالتهاب Inflamation:

عندما يصاب النسيج بأذية، سواء أكانت ناجمة عن جرثوم أو نتح أو عن تخريش كيميائي أو حراري أو أي شيء آخر، تتحرر من هذا النسيج مواد متعددة تحدث تغيرات ثانوية هامة في النسيج نفسه، ويدعى مجموع هذه التغيرات النسيجية بالالتهاب، وهي الخطوة الأولى التي يقوم بها الجسم لإصلاح نفسه، وتبدأ بعزل المنطقة المتأذية عن النسج الباقية، حيث تغلق الأفضية النسيجية والأوعية اللمفية في المنطقة الملتهبة بوساطة تكتل الفبرينوجين، لذا فإن السوائل لاتمر إلا بصعوبة بالغة، وهذا ما يجعل عملية العزل أداة تأخير لانتشار الجراثيم والنواتج السامة.

ثم يبدأ الجسم بعدها بتوضيع نسيج الكولاجين لتقوية المنطقة الضعيفة وفي حال تفاقم الحالة الالتهابية وزيادة التوذم يحصل التأذي النسيجي وحدوث التندب كنتيجة للحالة غير المسيطر عليها ويدعى النسيج الكولاجيني بالنسيج النبدبي scar tissue الذي يتوضع بطريقة تضعف وظيفة النسيج الطبيعية، وتصبح الحالة مزمنة.

تستخدم US بتأثيرها المزدوج الحراري والميكانيكي لمعالجة الحالات الناجمة عن تأثير الالتهاب على النسج، مما تمنع تطور الحالة إلى الإزمان وفي الحالة الالتهابية الحادة لاتطبق US بشدة مرتفعة تؤدي لزيادة في ارتفاع حرارة النسيج المصاب، بل يمكن استعمال شدة منخفضة أو استعمال الشكل النبضي حيث يساعد المساج المجهري وزيادة النفوذية الوعائية على ارتشاف السوائل إلى الأفضية الخلالية.

* الألـــم وســـرعة النقـــل العصبـــي pain and nerve :conduction velocities

ما زالت فكرة الألم محيرة وقد وضعت تعاريف مختلفة من قبل المؤلفين للألم منها:

الألم إحساس غير سار يشير لوجود أذية بالجسم أو ينتج عن حالة عصابية أو نفسية وعلى الرغم من أهمية إزالة الألم بالنسبة للمريض فهذا لايعني أنه بزواله قد تم الشفاء لأن الألم ربما يكون كامناً لفترة مؤقتة.

وأجريت دراسات عدة للبحث في فاعلية US في إزالة الألم في حالات الالتهاب الكيسي، التهاب الأوتار، الالتهاب العظمي، وحالات عضلية هيكلية أخرى.

بالإضافة للأخذ بعين الاعتبار التأثير المباشر لـ US على النسيج المتأذي، فينبغي معرفة آلية تأثير US على الأعصاب وكيفية إزالة الألم.

تترافق إزالة الألم غالباً مع ازدياد درجة الحرارة، وقد تبين أن الـ US تؤدي لارتفاع في عتبة الألم pin thresholds لدى الأشخاص المعرضين لارتفاع درجة حرارة مماثلة بوساطة وسائل أخرى.

وقد جمل Szmski تأثير US على النسيج العصبي على النحو التالي:

١- رفع حرارة الأعصاب المحيطية بشكل اختياري.

٢- حصر نقل السيالة العصبية.

٣- زيادة قابلية النفوذية الغشائية.

٤- زيادة عملية الاستقلاب النسيجي.

وقد أشار إلى أنه أيا من هذه الآليات يحدث كنتيجة لارتفاع الحرارة ومن الممكن أن يؤثر في إزالة الألم.

يتم نقل الألم بوساطة ألياف عصبية لا نخاعينية من النمط C (سرعتها ٠,٥-٢م/ثا) وهي ذات قطر صغير وقد أثبت Anderson أن نموذج الألياف C و B أكثر حساسية لـ US من النمط A ذات الناقلية السريعة.

وربما يعود تأثير US في إزالة الألم لهذه الميزة المؤدية لإنقاص نقل السيالات الألمية.

وعلى ضوء الدراسات التي أجريت حول تأثير US على سرعة النقل العصبي اقترح بعض الباحثين وجود علاقة بين الألم وسرعة النقل العصبي، وهذه العلاقة من الممكن تعليلها بالتأثير الحراري فقط لـ US.

بعض الدراسات على سرعة النقل العصبي للأعصاب الحركية Motor nerve conduction velocites (MNCV) أظهرت زيادة في MNCV عند تطبيق شدة معينة ونقصان في MNCV عند تطبيق شدة أخرى.

فلم يجد Zankel عند تطبيق شدة ١واط/سم^{٢} لمدة ٥دقائق تناقصا هاما في MNCV للعصب الزندي لحركة عطف الساعد، بينما وجد نقصانا هاما عند تطبيق شدة ١واط/سم^{٢} لمدة ١٠ دقائق أو تطبيق شدة ٢واط/سم^{٢} لمدة ٥دقائق.

ووجد Farmer نقصان في MNCV عندما تكون الشدة من (١-٢ واط/سم^{٢}) بينما تزداد عند تطبيق شدة ٣ واط/سم^{٢} للعصب الزندي.

هذه النتائج لايمكن أن تعلل لكنها تشير لوجود تأثير غير الحراري فقط.

إن الدراسات المجراة على الأعصاب الحسية أكثر دعماً للعلاقة الموجــودة بين زيادة درجة الحرارة وزيادة سرعة النقل العصبي الحســـي sensorynerve conduction velocity (SNCV) والتي دعمت بعدة دراسات أجريت على SNCV.

فطبق Currier شدة ١,٥ واط/سم٢ لمدة ٥ دقائق على الفرع الوحشي الجلدي للعصب الكعبري لخمسة أشخاص فوجد زيادة في سرعة النقل العصـــبي الحسي بازدياد الحرارة تحت الجلد.

وبشكل مماثل وجد Halle زيـــادة في SNCV للعصــب الكعـــبري السطحي عند ازدياد الحرارة تحت الجلد.

وحاول Consention إيضاح النتائج السابقة بتطبيق US على الألياف الحسية للعصب المتوسط مستخدماً شدة (٠,٥، ١، ١,٥ واط/سم٢) لكنـــه لم يتمكن من إيجاد أي اختلاف بين المجموعة الشاهدة والمجموعة المختبرة.

والدراسات المقدمة هنا تدل على وجود تغير في سرعة النقل العصبي سواء بالتأثير الحراري أو الميكانيكي وبالتالي إنقاص حدة الألم.

- **الوذمة Edema:**

تعالج وذمة الالتهاب تحت الحادة subacut inflamatory edema بالعلاج الفيزيائي بالطرق التالية:

الضغط compression، المساج، الثلج، التنبيه الكـــهربائي، الحــرارة والأمواج فوق الصوتية بتأثيرها الحراري والميكانيكي.

وقد سجل كل من chattergce و Middlemast باســـتعمال US تراجع أفضل في التورم والمضض والألم في أذيات النسج الرخوة مـــن اســـتعمال وسائل حرارية أخرى مثل الأمواج القصار-الأشعة تحت الحمراء-البارافين.

* الدوران circulation:

تستعمل US لزيادة الدوران الموضعي إما بالتأثير المباشر أو عن طريـــق المنعكس الوعائي، وقد بين كـــل مـــن Duff و Bickford في عـــام ١٩٥٣ حدوث زيادة في الجريان الدموي بعد تطبيق US بشدة كافية لرفع درجة حرارة النسج.

كما أثبت Abramson وزملائه زيادة في الجريان الدموي لمــــدة ٢٦ دقيقة بعد الانتهاء من المعالجة و لم يثبت lata فقط زيادة الجريان الدموي بازديـاد درجة الحرارة بل حدوث منعكس توسع وعائي بعد تطبيق US.

* ترميم النسج tissue healing:

لقد وجد أن US تزيد عملية ترميم النسج في كل من الرضوض المتوضعة تحت الجلد والجروح المفتوحة، حيث اكتشف stratton وزملائه زيادة في عـــدد الخلايا المرممة للنسج (اللمفاويات-البلعميات- الخلايا الليفية- الخلايا الظهاريـــة- أرومة العضل) عند تعريض فخذ فأر للأمواج، وكذلك زيادة الكولاجين الـــلازم لتقوية النسيج، وقد وجدت هذه الزيادة في المجموعة المطبق عليها US بالشـــكل المستمر وبشدة ١,٥ واط/سم^{٢} بينما لم تظهر الشدة المنخفضة والأمواج النبضيـــة أية فعالية.

واستعمل Young و Dyson شدة منخفضة ٠,١ واط/سم٢ بتردد ٠,٧٥ ميغا هرتز وتردد ٣ ميغا هرتز لزيادة استجابة البلعميات في المخبر، واستعملا أيضاً شدة ٠,٥ واط/سم٢ بنفس الترددين السابقين لزيادة النسيج الحبيبي والخلايا الليفية، وبعد ٥ أيام من التجربة كانت النتيجة ظهور ثخانة كاملة في أنسجة جلد الفأر، واقترحا بأن US تفيد في تسريع العملية الالتهابية ومرحلة التكاثر المبكر في عملية الترميم، ودراستهما يمكن أن تدعم استعمال شدات أعلى لتطوير عملية الترميم بعد المرحلة الحادة.

و لم تؤيد جميع الدراسات عملية الترميم كنتيجة للعلاج بـ US، فلم يجد Eriksson وزملائه أي اختلاف هام عند معالجة قرحات الأقدام المزمنة بين المجموعة الشاهدة والمختبرة، حيث استعمل شدة ١ واط/سم٢ بتردد ١ ميغا هرتز بطريقة التماس المباشر لمدة ١٠ دقائق.

ولاقى Van harant وزملائه نجاحاً محدوداً في إحداث ارتفاع طويل الأمد في استقلاب الغليكوز أمينو غليكان (GAG) في ركبة أرنب بالغ بعد ٥ أيام من العلاج بالأمواج ضمن الماء مستعملاً شدة ١ واط/سم٢ لمدة ٥ دقائق، و GAG ينتج من خلايا النسيج الضام ويستعمل كمؤشر على زيادة النشاط الاستقلابي و لم تتغير التراكيز في الغضاريف المفصلية، الغضاريف الهلالية، الأربطة الجانبية يوماً واحداً بعد المعالجة السابقة، ولكن الإيجاد الوحيد الهام هو زيادة النشاط الإشعاعي في الرباط الجانبي الأنسي والذي يمكن أن يعكس زيادة النشاط الاستقلابي وقد قدر المؤلفين هذه الاستجابة بشكل أفضل في النسج الطبيعية منها في المرضية.

ودعمت أبحاث Enwemeka's استعمال US لزيادة ترميم الأوتار، وأكد بأن التقيد بجميع معايير التطبيق الصحيحة ستؤدي للنجاح، وفي عام ١٩٨٩ قام بعلاج وتر آشيل لدى أرنب ضمن الماء المقطر حيث استعمل طريقة الأمواج المستمر بشدة ١واط/سم٢ لمدة ٥ دقائق بتردد ١ ميغاهرتز مستعملاً طريقة تحريك الرأس وقد طبقت مدة ٩ أيام بعد الجراحة، والنتائج أظهرت زيادة مقاومة الشد للوتر.

وفي عام ١٩٩٠ أعاد التجربة مستعملاً شدة ٠,٥ واط/سم٢ بدلاً من ١واط/سم٢ وكانت النتيجة زيادة أكبر في مقاومة الشد للوتر.

وكذلك وجد Jackson وزملائه زيادة مقاومة الشد وزيادة اصطناع الكولاجين في وتر آشيل لدى الفأر في الأيام (٥-٩) الأولى من العلاج بالأمواج، وطبقوا الأمواج أيضاً على الجروح الثاقبة مستعملين شدة ١,٥ واط/سم٢ بطريقة الأمواج المستمرة وتثبيت رأس العلاج تحت الماء لمدة ٤ دقائق، وبرغم حصولهم على نتائج إيجابية ينبغي تجنب طريقة رأس العلاج الثابت.

الدراسات على ترميم الأوتار تصف فقط تأكيد فعالية جرعات US العلاجية لترميم الوتر مباشرة بعد الأذية والاستعمال المطول لـ US ربما يكون بدون فائدة أو حتى مؤذ.

فلم يجد Turner وزملائه أي اختلاف هام بين الأوتار المعالجة وغير المعالجة بعد ٥ أسابيع من العلاج بتعدد ثلاث جلسات في الأسبوع.

وأثبت Roberts وزملائه انخفاضاً في المقاومة والشفاء في ترميم الوتر الجراحي بعد المعالجة بالأمواج النبضية بشدة ٠,٨ واط/سم٢ بتردد ١.١ ميغا هرتز بمعدل ٥ دقائق يومياً لمدة ستة أسابيع.

ويمكن أن تفيد US علاج الجروح المفتوحة ففي عام ١٩٦٠ سجل Paul وزملائه نجاحا طبيا في شفاء ١٣ قرحة اضطجاعية بشكل كامل من أصل ٢٥ بينما تحسن ٥ حالات بشكل جيد، ومنذ ذلك الحين أجريت دراسات مختلفة توثق فعالية US في ترميم الجروح.

وكذلك أجمل Shamberger عدة دراسات أكدت زيادة ترميم النسج بعد العلاج بـ US عند مقارنتها مع المجموعة الشاهدة، حيث تقيس بعض الدراسات حجم الجرح وأخرى مقاومة الشد للخلايا الليفية المتوالدة.

كما وثق Dyson وزملائه تجدد النسج في أذن أرنب، وقرحات الدوالي المزمنة لدى البشر كنتيجة للعلاج بـ US، وقد نسب نظريا زيادة معدل الترميم نتيجة العلاج بـ US بسبب زيادة اصطناع البروتين وربما كنتيجة لتأثير المسلج المجهري الذي ينقص الوذمة وبذلك يسرع الترميم وقد فضل استعمال تردد ٣ ميغا هرتز على ١ ميغاهرتز.

*** قابلية تمدد نسيج الكولاجين Extensibility of tissue collagen:**

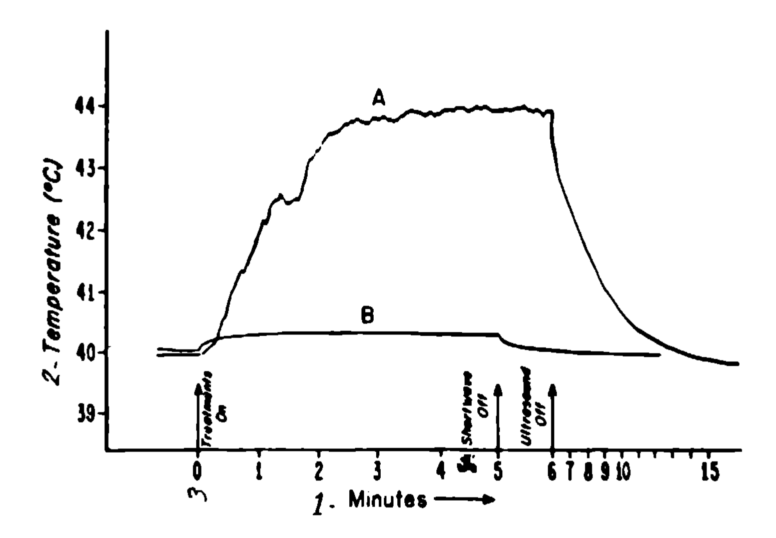
يعد نسيج الكولاجين ماصا فعال لـ US وتعد الأربطة، المحافظ المفصلية، الأوتار، (وكلها ذات تركيب مركز من نسيج الكولاجين) الأماكن الشائعة للأمراض التي تستطب من أجلها US، وتشير بحوث الفيزياء الحيوية بأن US أكثر وسائل الحرارة العميقة فعالية، فيمكن رفع حرارة المفاصل المكسوة بكميات كبيرة من النسج الرخوة إلى المستوى العلاجي وحتى إلى مستوى التحمل بدون ضرر لأي من تراكيب المفصل، والشكل (٢-١٠) يبين الفرق في ارتفاع الحرارة عند استعمال الأمواج فوق الصوتية والأمواج القصار.

كما أثبت Lehman وزملائه فعالية US في رفع حـــرارة الغضـــروف الهلالي والمحفظة المفصلية عند استعمال طريقة الأمـــواج المســـتمرة بشـــدة ١,٥ واط/سنم[٢] لمدة ٥ دقائق في ركبة الخنزير والشكل (٢-١١) يبين الفرق في درجة حرارة تراكيب المفصل قبل وبعد تطبيق US، كما درس أيضا تأثير الحـــرارة في قابلية تمدد ذيل الفأر عند تعريضه للأمواج فوق الصوتية، فوجد زيادة كبـــيرة في تمدد الذيل عند تطبيق US والشد بنفس الوقت حيث تبدأ عملية الشد عند بداية تطبيق US، أي قبل أن يحدث أي ارتفاع في درجة الحرارة.

والنموذج العملي هذا يقدم الأساس المنطقي لاســـتعمال US والشـــد الثابت على المفاصل المتحددة، ويبين الجدول التـــالي المقارنـــة بـــين اســـتعمال US و MW في زيادة المدى الحركي الناجم عــــن التحـــدد.

زيادة في (درجة)	Ultrasound	microwave
العطف الأمامي	٢٧,٤ ، ±٢,٣	١٦,١ ، ±١,٥
التبعيد	٣٢,٦ ، ±٢,٥	٢١,٢ ، ±٢,١
الدوران	٤٥,٤ ، ±٢,٨	١٧,٣ ، ±٤

هذا وينبغي أن يترافق تطبيق US في علاج التحـــددات الحركيـــة مـــع التمارين والمساج، ويمكن أن تطبق US بشكل موضعي في أماكن أذيات الآلياف الصغيرة مما تؤدي لإرخاء النسيج الندي وبالتالي زيادة الوظيفة الطبيعية للمفـــصل والأربطة والعضلات ومن ثم إنقاص الألم.



الشكل (٢-١٠):

١- الزمن.

٢- الحرارة.

٣- التشغيل.

٤- الأيقافه.

A- الأمواج فوق الصوتة.

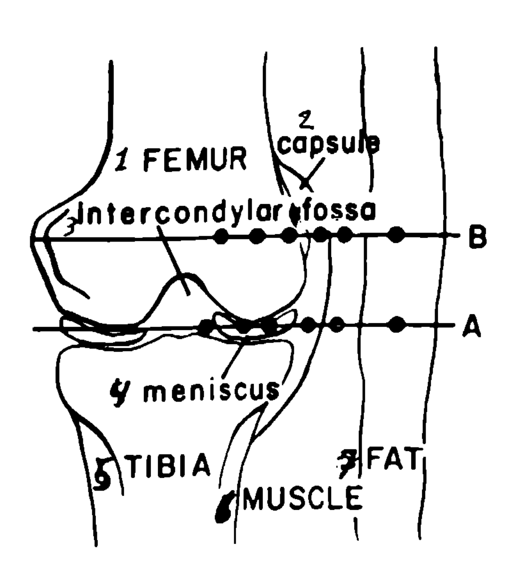
B- الأمواج القصار.

* التشريد الدوائي phonophorsis:

تستعمل US لإدخال الأدوية للجسم، وأكثر الأدوية اســـتعمالا هـــي هيدروكورتيزون، ديكساميتازون، ليدوكائين.

وقد وصف williams تأثير التشريد بالتفاعل المتعاون بـــين الأدويـــة والأمواج فوق الصوتية، وقد وثق التأثير الفعال للتشريد باستعمال المراهم المضادة

للفيروسات viricidal oitments وأثبت التأثير المتعاون بزيادة الفعالية الطبية للأدوية بعد حقن الأنسجة الرخوة بمضاد الالتهاب أو الأدوية المسكنة فبعد حقن المنطقة المصابة حول المفصل من قبل الطبيب، يعمل المعالج الفيزيائي بعدها مباشرة على تطبيق US فوق المنطقة المصابة، بحيث تؤدي US لزيادة انتشار الدواء ضمن النسج الملتهبة وزيادة امتصاصه، وكذلك تزيد اختراق وامتصاص الأدوية الموضعية للنسج العميقة



الشكل (٢-١١أ):

١- الفخذ.

٢- المحفظة.

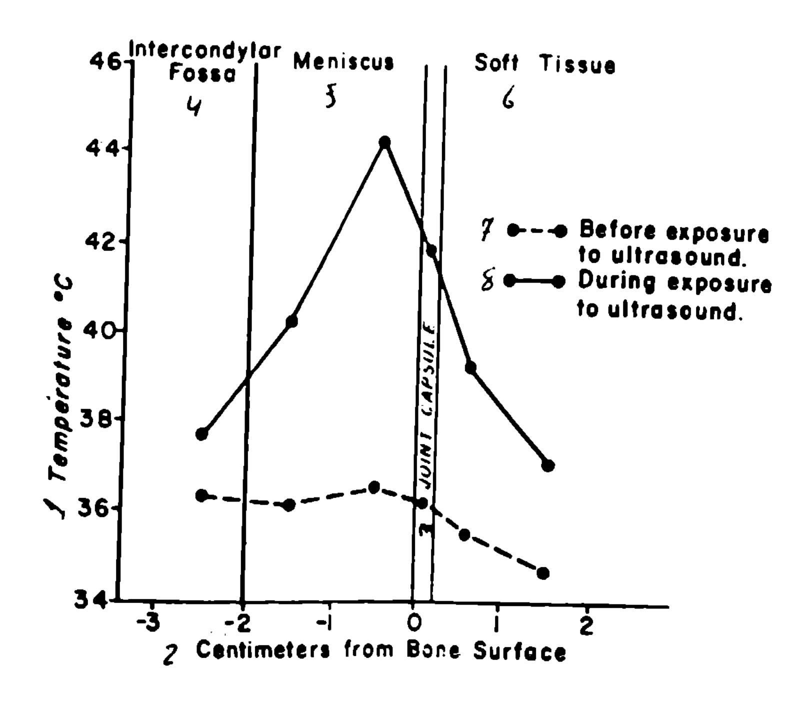
٣- الحفرة بين اللقمتين.

٤- الغضروف الهلالي.

٥- الظنبوب.

٦- العضلات.

٧- الشحم.



الشكل (٢-١١ب):

١- الحراة .

٢- البعد عن سطح الجسم .

٣- المحفظة المفصلية .

٤- الحفرة بين اللقمتين .

٥- الغضروف الهلالي .

٦- النسج الرخوة

٧- قبل تطبيق US .

٨- بعد تطبيق US.

كما أثبت Griffin وزملائه فعالية في إدخال الهيدروكورتيزون لدى تطبيقه على جلد الخترير وذلك بقياس مستوى الكورتيزول ضمن العضلات والأعصاب.

وكذلك أجرى دراسة حول تأثير إدخال هيدروكورتيزون لدى مرضى مصابين بإصابات حول المفصل فوجد تحسن في زيادة المدى الحركي وانخفاض درجة الألم لدى ٨٦% من الأشخاص بينما تحسن ٢٨% باستعمال US فقط.

والطريقة المستعملة للتشريد نفس الطريقة العادية، ولكن يوضع الدواء مباشرة قبل التطبيق على المنطقة المستهدفة، ويجب أن يركب الهيدروكورتيزون من أساس مائي بتركيز ١٠% والذي يوصف من قبل الطبيب ويركب لدى الصيدلاني وقد برهن Kleinkort و Wood بأن تأثير التركيز ١٠% أفضل بكثير من تركيز ١%.

ويجب فرك الدواء على المنطقة قبل وضع الوسيط، وأن تستعمل شدة من (١-٢ واط/سم٢) وأثبتت دراسة أجريت على عشرة خنازير فعالية الشدة المنخفضة والفترة الطويلة في إدخال الكورتيزول إلى الأعصاب والعضلات، وهناك الحاجة لمزيد من الدراسات التي توثق الطريقة الفعالة لكيفية تطبيق هذه الطريقة الخيارية الآمنة في إدخال الأدوية للأعضاء المؤلمة والملتهبة.

رابعا: الاستطبابات - مضادات الاستطباب - المحاذير:

١- الاستطبابات Indications:

- **التقفع countructur**: المحافظ المفصلية أو الالتصاقات الندبية يحدث الشد والتندب للتراكيب حول المفصل نتيجة أسباب مختلفة، فبعد التعرض لجرح أو رض أو هتك أو حرق، يبدأ الكولاجين بالتوضع في المنطقة المصابة

بشكل كبير، مما يؤدي لإعاقة الوظيفة الطبيعية، وتم تحقيق نجاح كبير في علاج انكماش دوبتران وزيادة ليونة النسيج الليفي، وفي بعض الحالات قد تترافق الضخامة الندبية مع الألم، وقد أظهرت US فعالية كبيرة في إزالة الألم.

كذلك تستعمل US للعلاج انحناء القضيب Curvatur of the peins في داء بيروني peyronie's disease الذي يؤدي لانحناء القضيب بسبب تكون الصفيحات الليفية على القضيب.

- التهاب المفاصل المزمن **Chronic arthritis**:

تستعمل US في حالات الالتهاب العظمي المفصلي osteo arthritis والتهاب المفصل الروماتيزمي rhumatoid arthritis لإزالة الألم، وربما يعود ذلك للتأثير الحراري العميق لـ US.

- حالات حول المفصل **Periarticular conditions**:

يمكن إزالة الأعراض الناجمة عن الالتهاب الكيسي bursitis التهاب الأوتار tendonitis التواء الأربطة strain بوساطة US بسبب التأثير الحراري والميكانيكي .

- المشاكل العضلية **muscular problems**:

يمكن إزالة الأعراض والخلل الوظيفي الناجم عن الوثي **sprains**، التشنج spasm، التليف fibrosis، الالتهاب العضلي myositis، الورم الدموي hematome

- **الأورام العصبية neuromas:**

تؤدي US لتخفيف الألم الناجم عن الأورام العصبية بسبب تأثيرها على النسيج العصبي كما نص Griffin على أن تخفيف الألم ربما يكون نتيجة لاسترخاء النسيج الضام المتوضع بشكل كبير.

- **اضطرابات الجهاز العصبي الودي sympathetic nervous system disorders:**

يمكن معالجة المنعكس الضموري، كما في العصاب المحرق causalgia وضمور سوداك وذلك بتطبيق راس العلاج بشكل موازي للفقرات في الشدف المصابة أو فوق الفقرات المصابة بفرط التألم hyperpathia تحت الماء.

- **الثآليل الأخمصية planter warts:**

سجل عدد من الباحثين نجاحاً في الحد من الألم أو الثآليل نفسها عند تعريضها لـ US، وبشكل خصا سجل vaughn نتائج رائعة باستعمال طريقة التماس المباشر وشدة ٠,٦٩ واط/سم٢ لمدة ١٥دقيقة.

- **الجروح المفتوحة open wounds:**

وقد أشرنا إلى آليتها مسبقاً، ويمكن أن تعالج بطريقة الغمر أو طريقة التماس المباشر باستعمال وسيط معقم.

- **أمراض الشرايين المحيطية الجهازية المزمنة chronic systematic peripheral arteireal disease :**

تستعمل US لعلاج التشنج الوعائي وذلك بتوجيه الرأس بشكل مباشر نحو الوعاء، أو بتطبيق US على الجهاز العصبي الودي، وينبغي تجنب توجيه US على المنطقة المصابة بالتهاب وريد خثري thrombophlebitis.

* مضادات الاستطباب contraindications:

تعد مضادات الاستطباب قليلة نسبياً لـ US العلاجية، ويمكن القول أن الحالات التي تتأثر بارتفاع درجة الحرارة، تعد مضاد استطباب لها في حال استعمالها بطريقة تؤدي لزيادة ارتفاع الحرارة، وفيما يلي ندرج مضادات الاستطباب:

- الناظم القلبي cardiac pacemakers:

يمكن أن تؤدي US إلى خلل في حال تعريض الناظم أو النسج المجاورة لحقل US، ويمكن تطبيق US على الأعضاء البعيدة عن المنظم والتي لا تتأثر بحقل US.

- الحوامل pregnancy:

تأثير US العلاجية على الجنين غير معروف وفي حال الاشتباه بوجود حمل يجب تجنب البطن والحوض والقطن ولاتعد US التشخيصية (إيكو) ضمن هذا المجال.

- الأورام Tumors:

فيما إذا كان الورم حميد أم خبيث يفضل تجنب US، لأن الطاقة الحرارية والميكانيكية تحث على انبثاث الورم.

- التهاب الوريد الخثري thrombophlebitis:

قد تؤدي الطاقة الميكانيكية لتمزّق الخثرة، وبالتالي تشكل صمات يمكن أن تنتقل إلى الدماغ، القلب أو الرئتين.

- مناطق الانتان infected :

يمكن أن يؤهب US لانتشار الانتان.

- المنـــاطق القابلـــة للـــنزف Areas with atendency to :hemorage

زيادة الجريان الدموي وزيادة النفوذية الوعائية بسبب US قـــد تـــؤدي لحدوث نزوف في هذه المناطق.

- المشاش في طور النمو epiphyses of growing bone:

يؤدي US لحدوث اضطراب في نمو العظام عند تعريض المشاش بشـــكل مباشر.

- أخذ جرعات أشـــعة إكـــس، الراديـــوم أو النظـــائر الإشـــعاعية

incojuction with deep X-ray , radium or radio active isutopes قد تؤدي شدة منخفضة من US لحدوث تفـــاعل مع الأيونات المشعة على سطح الخلايا الورمية، ينبغي مرور ستة أشـــهر بعد العلاج الإشعاعي من أجل تطبيق US، أما الفحص الدوري بأشعة إكس فلا يعتبر ضمن مضادات الاستطباب.

- الأمراض القلبية Cardiac disease:

تعريض العقد الرقبية، العقدة النحمية، أو المنطقة القلبية لـــ US يمكن أن ينبه المنعكس الإكليلي وبالتالي تعرض الأشخاص المصابين بأمراض قلبيـــة للخطر.

- فوق العينين **over the eyes**:

قد يؤدي تطبيق US فوق هذه المنطقة لحدوث التجوف بسبب الوسط السائل.

- **فوق الحبل الشوكي في المناطق غير المحمية بشكل كافٍ** over the spinal cord over th areas with inadequate protection:

كما في الحالات التي تنقص الحماية الطبية للعظم والعضلات (استئصال جزء عظمي)، لأن US يمكن أن تسبب حدوث التجوف أو ارتفاع الحرارة بشكل زائد في السوائل المحيطة بالحبل الشوكي.

* **المحاذير percautions:**

- مرحلة الترميم الأولي للأوتار أو الأربطة، ويتضمن هذا أيضاً التمزق الجزئي للوتر في المرحلة الأولى.

- **غرس المعادن metal implants:**

استقصى lehmann وزملائه الميزات الصوتية لأنواع مختلفة من المعادن المستعملة في العمليات الجراحية، فوجد حدوث انعكاس كبير لـ US في السطح البني (معدن-نسيج) مسببة بذلك حدوث الأمواج المستمرة **standing waves** بازدياد الشدة على الوجه الأمامي للمعدن، بالإضافة للاختراق الضئيل لـ US للمعدن.

وأظهرت دراسات أخرى مستعملة النسيج البشري أو الحيواني عدم حدوث ارتفاع ممكن تقديره في حرارة المعدن، وارتفاع أقل في درجة حرارة النسج، المتوضعة حول المعدن فيما لو كان العظم، والتفسير الأكثر احتمالاً لذلك

الناقلية الحرارية العالية التي يتمتع بها المعدن، مما يسمح بانتقال الحرارة بشكل سريع إلى المناطق المجاورة قبل حدوث ارتفاع في درجة حرارة المعدن.

تستعمل الصفائح المعدنية والبراغي للتثبيت الداخلي للكسور والسؤال: هل تمتلك US تأثير ميكانيكي مؤذٍ على عملية التثبيت الداخلي؟

للجواب على هذا السؤال قام كل من skoubo-Kristenson و sommer بتثبيت صفيحة معدنية بثلاثة براغي على عظم الفخذ لمجموعة من الكلاب، وبعد أسبوعين تم تطبيق شدة منخفضة من US (٠,٥ واط/سم^{٢}) على نصف المجموعة وشدة مرتفعة ٣ واط /سم٢ عل النصف الآخر لمدة ٥ دقائق، استمرت أربعة عشر يوماً، فلم يجد أي اختلاف هام في العزم اللازم لتثبيت البراغي وعزم إزالتها بين المجموعة الشاهدة والمختبرة، وبذلك خرجا بنظرية تقول بأن التثبيت الداخلي لايعتبر مضاد استطباب لـ US.

- غرس البلاستيك Plastic implants:

يمتلك البلاستيك ذو الكثافة العالية المستعمل في تبديل المفاصل درجة امتصاص مرتفعة للأمواج وبالتالي قد يؤدي للخطر، وعلى الرغم من عدم ظهور الخطر أثناء إجراء الدراسات إلا أنه ينبغي تجنب تعريض هذه المناطق للأمواج بشكل مباشر حتى يثبت أنها آمنة.

- تخلخل العظام (تثقب العظام) osteoporosis:

يجب استعمال US بحذر عند تطبيقها على العظام المخلخلة

- الكسور الغير ملتحمة unhealed fracture:

تجنب تطبيق US فوق الكسور الحديثة مباشرة.

خامساً: اعتبارات فيما يتعلق بالطريقة والجرعة العلاجية:
considerations regarding theraputic mode and dosage:

- الأمواج المستمرة مقابل الأمواج النبضية.
- الشدة.
- دارة العمل.
- نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج BNR.
- مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج.

- الأمواج المستمرة مقابل الأمواج النبضية (المتقطعة) :continuous versus pulsed wave mode

الأمواج المستمرة: هي الطاقة الصوتية المنقلة بشكل مستمر دون تقطيع من حين وصول الطاقة الكهربائية إلى الكريستال وحتى إدارة مفتاح الشدة نحو الصفر.

الأمواج النبضية: هي الطاقة الصوتية المنتقلة بشكل متقطع بسبب وجود دارة تقطع انتقالها في كل مكان من تطبيقها لفترة زمنية محددة.

والطاقة التي تصل للمريض بالشكل النبضي أقل من الشكل المستمر، ونسبة الاختلاف تحددها دارة العمل Duty cycle.

مثال:

تطبق US بالشكل النبضي لمدة دقيقة واحدة بشدة ١ واط/سم٢، وتطبق بشكل مستمر لمدة دقيقة واحدة بشدة ١واط/سم٢، فالطاقة التي يتلقاها المريض بالشكل النبضي أقل مع أننا استعملنا نفس الشدة والزمن، ويكون التأثير الناجم

عن الأمواج النبضية تأثير ميكانيكي فقط. وسبب ذلك التقطيع الذي يحصل لها أثناء انتقالها، أي التأثير الحراري يكون أقل في الشكل النبضي عند استعمال نفس الشدة.

كما أقر lehmann وزملائه بعدم وجود دليل على أن الشكل النبضي أكثر فائدة من المستمر إذ يمكن الحصول على نفس التأثير في الشكل المستمر باستعمال شدة منخفضة، وربما تكون الطريقة المستعملة أقل أهمية بقدر الاعتماد على معدل الشدة.

وللحصول على تأثير ميكانيكي فقط في النسج العميقة:

- **استعمل دارة عمل منخفضة ٢٠%.**

- **شدة مرتفعة** تسمح باختراق كافٍ للنسج العميقة دون الحصول على تأثير حراري هذا وينبغي على المعالج المعرفة الكاملة بخصائص US الفيزيائية وتأثيراتها وكل ما يتعلق بها بشكل عام، وذلك يفيد في جعل المعالج متأكداً من تطبيق شدة آمنة ومناسبة لحالة المريض، وتطبيق جرعة مناسبة من جلسة إلى أخرى.

وينبغي أيضاً على المعالج تسجيل النتائج التي يحصل عليها في كل جلسة بدقة، مما تسمح له بتقديم معلومات موثوقة عن نجاح أو فشل العلاج بالأمواج فوق الصوتية.

وللحصول على نتائج دقيقة ينبغي معايرة الجهاز باستمرار، ولذلك أهمية كبيرة، إذ أن التناقضات العديدة في تقارير نتائج التجارب الطبية ربما تعود إلى انعدام المعايرة والتوثيق الدقيق للجرعة، حتى بوجود المعايرة فإن الجرعة التي يتلقاها المريض لدى استعمال عدة أجهزة وتطبيق نفس الشدة تختلف.

وحقيقة هذا الاختلاف تعود إلى أن الشدة التي تظهر على شاشة الجهاز تمثل الطاقة الموجودة في الجهاز قبل وصولها إلى الكريستال، ولاتمثل كامل الطاقة الصادرة عن الكريستال.

والأجهزة الحديثة توجه لهذا الأمر، لذلك ينبغي على المعالج عند اقتناء جهاز US أن يكون خبيرا بكافة التقنيات الموجودة في الجهاز ولايعتمد على الثمن عند شراء الجهاز.

وتقاس الطاقة بالواط وتمثل كمية الطاقة الصوتية **acoustic energy** في حزمة الأمواج المتدفقة في واحدة الزمن، وتشير إلى القوة الكاملة التي يتلقاها المريض من US.

مثال:

لدى تطبيق شدة ١,٥ واط/سم^{٢} في اليوم الأول على المريض وكانت مساحة الكريستال ١٠سم^{٢} فإن الطاقة التي يتلقاها المريض هي ١٥ واط (الشدة =الواط/سم^{٢})

وإذا طبق في اليوم الثاني نفس الشدة ولكن مساحة الكريستال ٧سم^{٢} ونفس مساحة المنطقة المعالجة فإن الطاقة التي يتلقاها المريض هي ١,٥×٧=١٠,٥واط.

وبذلك تكون المعالجة الثانية أقل فعالية من الأولى، وهذا يؤكد من تسجيل الشدة والطاقة في سجل المريض.

* **الشدة intensity:**

يستعمل تعبير الشدة بشكل كبير للدلالة على الجرعة العلاجية، وهي تمثل مقدرة الأمواج عند نقطة التطبيق، والوحدة المستعملة هي (واط/سم٢، W/sqcm)

ويستعمل تعبير أكثر دقة وهو الشدة المتوسطة المساحية (الحيزية) spatial average intensity الذي يمثل الطاقة مقسمة على مساحة المنطقة المشعة الفعالة للكريستال (ERA).

أي أنه ليس من الضروري أن تكون مساحة الكريستال الفعال ERA نفس مساحة الصفيحة المعدنية المثبت عليها، ويشار إلى قيمة ERA في كل جهاز.

كيفية استعمال الشدة:

بشكل عام في الحالات الحادة يجب أن تكون الشدة منخفضة، وهناك دراسات أظهرت ارتفاعا في درجة حرارة النسيج عند تطبيق الشدة بطريقة التماس المباشر، وتكون أخفض عند استعمال طريقة الغمر، لذلك اقترح الباحثون زيادة الشدة ٠,٥ واط/سم٢ عند استعمال طريقة الغمر.

والقاعدة الأساسية التي يمكن الاعتماد عليها استجابة المريض والعلامات السريرية التي تظهر عليه، إذ يجب أن يشعر المريض بالراحة، وفي حال حدوث أي شكوى أو ظهور ألم طاعن مفاجئ يجب خفض الشدة أو تحريك الرأس بشكل أسرع، وسنتحدث عن ذلك بالتفصيل في الفقرات القادمة.

* **دارة العمل Duty cycle:**

تمثل دارة العمل نسبة فترة النبضة pulse duration أي وقت العمل (on time) إلى فترة النبضة ككل puls period (أي وقت العمل on + وقت الإيقاف OFF) في كل دورة، وتستعمل عند تطبيق US بشكل نبضي للتعبير عن كمية الطاقة التي يتلقاها المريض.

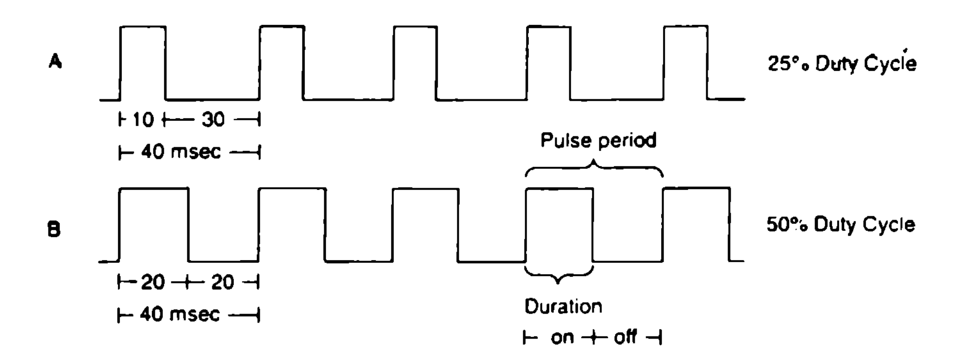
ويبين الشكل (٢-١٢) دارتين مختلفتين في فترة النبضة حيث استعمال فترة الدورة نفسها في كلا الدارتين وهي ٤٠ ميلي ثانية.

* **نسبة عدم تماثل حزمة الأمواج beam nonuni formity ratio BNR:**

لا تكون الشدة متساوية في كل مكان من حزمة الأمواج الصادرة عن الكريستال، ففي بعض المناطق تكون الشدة أعلى بكثير من المناطق المجاورة.

ونسبة عدم تماثل حزمة الأمواج BNR: هي القيمة العددية التي تمثل نسبة ذروة الشدة peak intensity ضمن الحزمة إلى قيمة الشدة المتوسطة المساحية (الحيزية) التي تظهر على شاشة الجهاز.

والشكل (٢-١٣) يوضح اختلاف الشدة في نقاط مختلفة من الحزمة من خلال مقطع عرضي في الحقل القريب



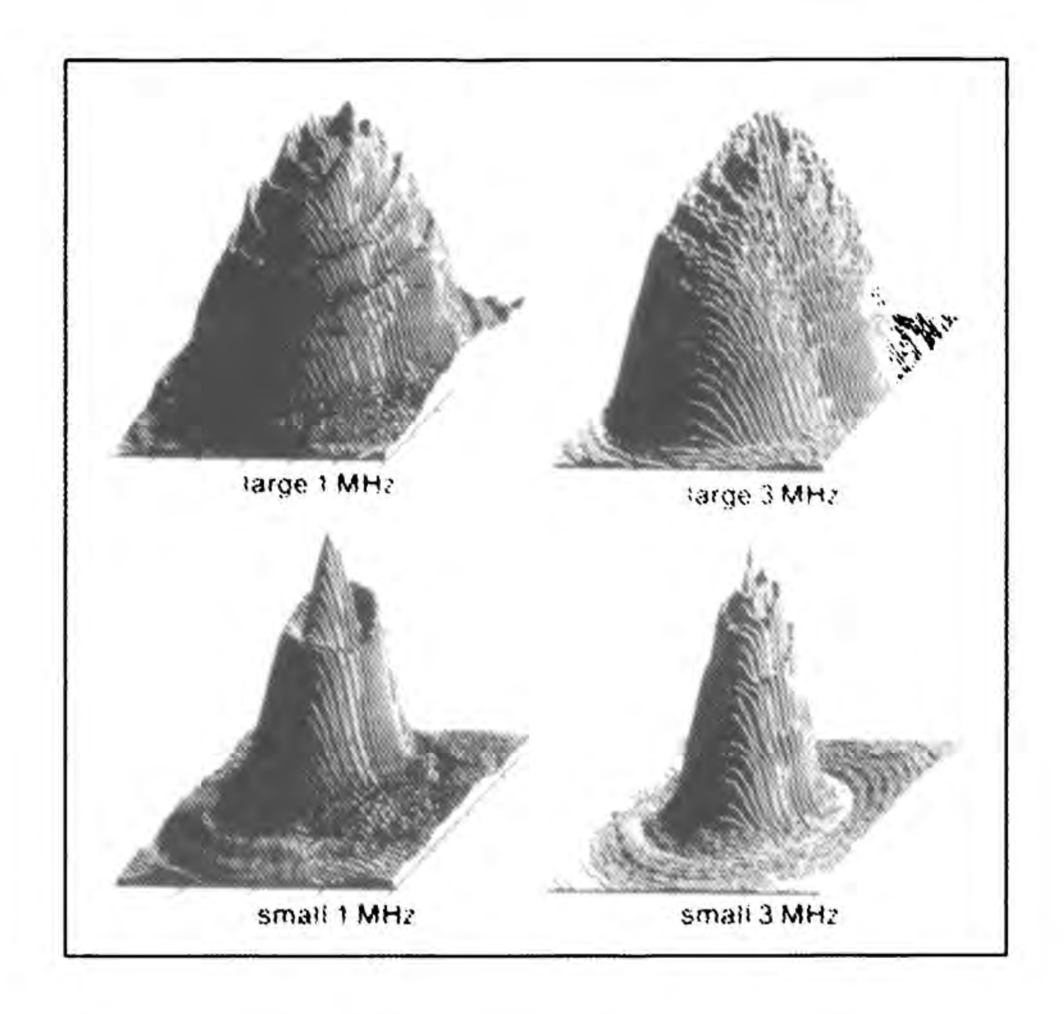
الشكل (٢-١٢): يمثل رسم توضيحي لدارة العمل.

في الشكل A: فترة الموجة ١٠ميلي ثانية أي (on time) وتمثل مرورة الطاقة، بينما العودة إلى خط السواء تمثل فترة الإيقاف أي انقطاع الطاقة (OFF time) وفترتها ٣٠ ميلي ثانية وفترة الدورة ككل ٤٠ ميلي ثانية، وبذلك تكون دارة العمل ٢٥%.

الشكل B: فترة الموجة ٢٠ميلي ثانية (on time) فترة انقطاع الطاقة ٣٠ ميلي ثا (off time) وفترة الدورة ككل pulse period ٤٠ ميلي ثا، وبذلك تكون دارة العمل ٥٠%.

والسؤال هو: أي الدارتين تقدم طاقة أكبر للمريض خلال نفس الدورة؟

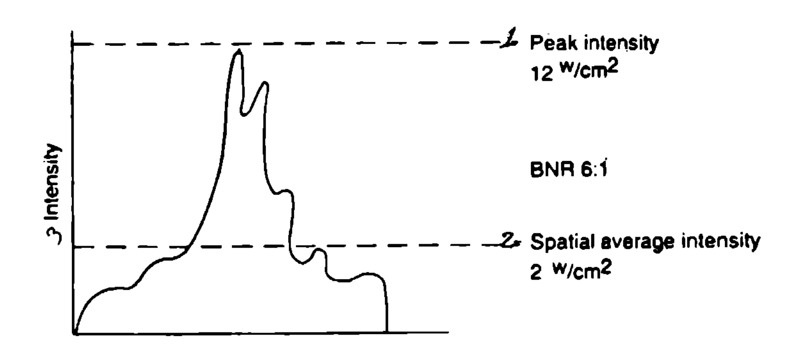
كما هو مبين في الشكل فترة الموجة في الدارة B ٢٠ ميلي ثا ضعف فترة الموجة في الدارة A ١٠ميلي ثا وبذلك فإن الدارة B تقدم طاقة أكبر وفي نفس الوقت تقدم ضعف الطاقة في حال تطبيق الأمواج المستمرة.



نموذج حقل الأمواج الصادر عن رؤوس علاج بأحجام وترددات مختلفة

وعند اقتناء جهاز US يجب الانتباه إلى أن تكون قيمة BNR منخفضة.

وأمر هام ينبغي معرفته وهو أن الاستعمال الكبير لـ US يجعلها غير دقيقة حيث أجرى stewart اختبار لـ ٥٦ جهاز مختلف فوجد ٢٠% منها على الأقل تصدر طاقة أكبر من التي تظهر على شاشة الجهاز.



الشكل (٢-١٣): حيث قيمة BNR ١٢:٢ أو ١:٦ أي إذا طبق على المريض شدة ٢واط/سم٢ كما يظهر في شاشة الجهاز فهناك شدة عظمى قدرها ١٢ واط/سم٢ تؤدي لنشوء نقاط حرارية hot spot في حال بقاء رأس العلاج ثابتاً.

١- ذروة الشدة

٢- الشدة المتوسطة المساحية

٣- الشدة

- **مساحة المنطقة المعالجة وفترة العلاج irradiation time and surface area:**

بالإضافة لمعرفة الشدة، الطاقة، دارة العمل، ينبغي معرفة الفترة الزمنية اللازمة للعلاج، منطقياً عند تطبيق طاقة ١٠ واط لمدة دقيقة فإن الطاقة التي يتلقاها المريض نصف الطاقة التي يتلقاها في حال تطبيق ١٠ واط لمدة دقيقتين.

وأمر هام، عند تحديد الجرعة العلاجية، ينبغي معرفة مساحة المنطقة المعالجة، بحيث يمكن القول: عند تطبيق نفس الشدة والفترة الزمنية، تنخفض كمية الطاقة بازدياد مساحة المنطقة، المعالجة.

مثال:

تطبق US فوق العضلة القطنية في الجانب الأيمن من العمود الفقري، باستعمال شدة ٢ واط/سم٢ لمدة خمس دقائق، وكانت ERA=١٠سم٢ وبذلك تكون الطاقة الكاملة التي يتلقاها المريض ٢×١٠=٢٠ واط (الشدة I=الواط W/سم٢ sqcm)

- لدى تطبيق هذه الطاقة على منطقة طولها ٥سم وعرضها ١٠ سم أي مساحة ٥٠سم٢ يجب تقسيم الفترة الزمنية على مساحة المنطقة المعالجة وفي هذا المثال تكون حصة كل ١٠سم٢ دقيقة واحدة وإذا زيدت المساحة إلى الضعف أي عرض ١٠سم وطول ٢٠سم تكون المساحة ٢٠٠سم٢ أي أربعة أضعاف المساحة الأولى، وبذلك تكون حصة كل ١٠سم٢ ١٥ ثانية أي ربع الفترة الزمنية في المثال الأول.

والنتيجة عدم ارتفاع حرارة النسيج بشكل كاف لنقص الفترة الزمنية مما ينقص من الفعالية العلاجية، وسنتكلم بالتفصيل عن كيفية تحديد الفترة والشدة في الفقرات القادمة.

سادسا: طرق التطبيق: methods of application

توجد ثلاث طرق لتطبيق US:

- التماس المباشر.
- الغمر بالماء.
- أكياس مملوءة بالسائل.

وأيا من هذه الطرق تطبق بطريقتين:

- بقاء رأس العلاج ثابتا
- تحريك رأس العلاج.

- بقاء رأس العلاج ثابتا stationary procdure:

تشير هذه الطريقة إلى بقاء راس العلاج ثابتا دون تحريك فوق منطقة معينة، بحيث تتعرض هذه المنطقة فقط للأمواج الصادرة عن رأس العلاج، ولاينصح بهذه الطريقة لعدة أمور:

١- **احتمال حدوث الضرر**: فقد أظهرت الدراسات أن تأذي العظام يظهر عند تطبيق شدة ٠,٥ إلى ١ واط/سم٢ بهذه الطريقة بينما يحتاج ذلك إلى ٣ واط/سم٢ بطريقة تحريك الأس، ويمكن لأحد ما أن يظهر أن استعمال شدة أقل من ٠,٥ واط/سم٢ لا تسبب الضرر، لكن للأسف الشدة الظاهرة على شاشة الجهاز في كثير من الأجهزة لاتكون دقيقة.

٢- **ظهور نقاط حرارية**: وهي النقاط المعرضة للشدة العظمى في حقل الأمواج بالنسبة للمناطق المجاورة في نفس الحقل وقد أشرنا إليها في فقرة BNR.

وبحسب الدراسات التي أظهرت أن الشدة لاتكون متساوية في جميع مناطق الحقل وتعرض مناطق لشدة أعلى من المناطق المجاورة، ينبغي استعمال طريقة تحريك الرأس للتعويض عن انعدام التساوي في الشدة.

٣- إمكانية ضعف الجريان الدموي: فقد أحدث Dyson و Pond توقف في خلايا الدم لدى رشيم الدجاج chick embryos عند تعريضه لجرعة ضمن المدى العلاجي بهذه الطريقة.

ويحدث هذا فقط في الأوعية المطابقة لجريان الأمواج خلال فترة التعريض ويعتقد أن هذه الآلية مترافقة مع إنتاج الأمواج المستمرة عند تطبيق هذه الطريقة ويمكن تجنب ذلك بتحريك رأس العلاج.

وحاول البعض استعمال هذه الطريقة بتطبيق شدة منخفضة، فنصح كل من Griffin و Korselis باستعمال هذه الطريقة في علاج أماكن موضعة صغيرة من الألم والتشنج والورم الدموي المتعضي بتطبيق شدة من ٠,٠٢ إلى ٠,١ واط/سم^{٢} لمدة خمس دقائق.

ومع ذلك حذرا من إمكانية حدوث ارتفاع في الحرارة وخصوصاً في السمحاق رغم استعمال هذه الشدات المنخفضة بسبب استقبال الأماكن الصغيرة لكامل الطاقة الصادرة عن رأس العلاج وبالتالي حدوث نقاط حرارية ضمن هذه الأماكن.

- طريقة تحريك رأس العلاج moving sound head procedure:

لدى استعمال هذه الطريقة يجب تحريك رأس العلاج فوق المنطقة المعالجة بطريقة منتظمة لطيفة، ومن المهم الحفاظ على هذا الوضع طيلة فترة العلاج، وربما لايحتمل المريض الشدة المرتفعة عند تحريك راس العلاج ببطء، والحركة المستمرة تضمن توزيع الأمواج بشكل جيد وتجنب حدوث النقاط الحرارية.

وتوجد طريقتان لتحريك رأس العلاج، الطريقة الحلزونية والطريقة المستقيمة، ويحدد استعمال هاتين الطريقتين طبيعة المنطقة المعالجة.

١- **الطريقة الحلزونية:** يتم تحريك رأس العلاج بشكل دائري بحيث يكون قطر الدائرة مساوياً لرأس العلاج، ثم يحرك نحو الأمام قليلاً بحيث تجتاز الدائرة الثانية نصف الدائرة الأولى وهكذا حتى تنتهي فترة العلاج، وتستعمل هذه الطريقة في علاج الأماكن غير المتناسقة وكذلك المساحات الواسعة.

٢- **الطريقة المستقيمة:** يتم تحريك الرأس ببطء وبشكل طولاني باتجاه واحد ثم نحو الجانب مسافة نصف قطر الرأس قبل العودة بشكل طولاني مجدداً.

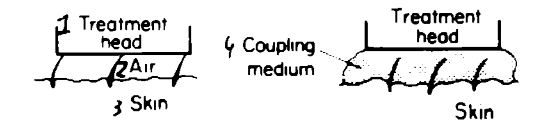
ويتم تحريك الرأس بالطريقة المختارة فوق المنطقة المعالجة حتى انتهاء فترة العلاج وفي حال علاج مساحات واسعة ينصح بتقسيم المساحة إلى مناطق صغيرة وبذلك تغطي الطاقة المنطقة بشكل كافٍ، وحدوث فائدة أكبر.

ونصح Lehman بعدم استعمال مساحة أكبر من ٧٥سم^{٢} من أجل الحصول على تأثير حراري جيد.

كذلك ينصح Oekly بأن تكون مساحة المنطقة المعالجة أكـــبر بمــرة ونصف من رأس العلاج لمدة ٣٠ ثا، تطبق هذه الطريقة لكامل المســاحة حــتى انتهاء فترة العلاج.

- الوسائط الناقلة لــ Coupling agents US:

تستعمل وسائط بين رأس العلاج وجسم المريض لزيادة ناقلية الأمــواج وتحقيق تماس كامل مع الجلد كما في الشــكل (٢-١٤)، وأفضــل الوســائط المستعملة هو الجلاتين gel الذي يؤمن ناقلية كبيرة، ويستعمل الماء غالباً لســهولة الحصول عليه وناقليته الجيدة عندما يطبق بدرجة حرارة (٢٤ْ) أما استعمال المــاء بشكل بارد فإنه يقلل من الحرارة السطحية والتي بدورها تضعف الحرارة العميقــة عند استعمال طريقة الغمر.



الشكل (٢-١٤):
١- رأس العلاج.
٢- الهواء.
٣- الجلد.
٤- وسيط.

ويبين الجدول (٢-٤) نسبة نقل بعض الوسائط

- الجدول (٢-٤) -

الوسيط الناقل	الناقلية %
الجلاتين	٧٢,٦
الغليسيرين	٦٧
ماء مقطر	٥٩
البرافين السائل	١٩
الفازلين	٠
الهواء	٠

ويجب أن يتمتع الوسيط بما يلي:

- أن يكون معقم (إذا كان يوجد خطر لانتشار الانتان) -لايمتص سريعاً من الجلد -أن لايكون سائلاً (عدا العلاج تحت الماء)-عدم الانزلاق من على الجلد -لايحوي عل مواد تثير الجلد -رخيص -لايحوي فقاعات غاز صغيرة - فاقد النشاط الكيميائي -شفاف transparent

● طريقة التماس المباشر Direct contact procedure:

تعد هذه الطريقة الأكثر شيوعاً وسهولة وفعالية لتطبيق الأمواج فوق الصوتية، إذ يتم تحريك رأس العلاج مباشرة فوق الجلد، ولاستعمال هذه الطريقة بالشكل الصحيح يجب توفر ثلاثة أمور:

١- أن تحقق مساحة المنطقة المعالجة تماس تام مع راس العلاج خلال فترة المعالجة، وإذا لم يتحقق هذا الأمر بشكل كامل، يعجز الكريستال عن

بث الأمواج حينما يصبح على تماس مع الهواء وبالتالي ارتفاع حـــرارة الكريستال، أما إذا تم التماس بشكل جزئي تنخفض كمية الطاقة الـــتي يتلقاها المريض.

٢- يجب أن لايكون الجلد والنسج الرخوة حساسة للضغط الناجم عن رأس العلاج، بحيث يؤدي تحريكه لظهور الألم، ويمكن تجنب هـــذا بـــإجراء مساج ثلجي لمد ٥-٧ دقائق مباشرة قبل العلاج بـ US لأن الثلـــج ينقص حساسية الجلد دون أن يضعف استجابة المســـتقبلات الحراريـــة العميقة في حال التعرض للحرارة الزائدة.

٣- يجب أن يكون الجلد بحالة سليمة، وفي حال وجود بثور فقاعـــات أو انتان يجب تجنب تحريك الرأس فوقها لخطر انتشارها.

وقبل البدء بالعلاج يجب اتباع الخطوات التالية:

- ضع الجهاز، الوسيط، المنشفة في منطقة تحصل عليـــها بســـهولة دون إزعاج المريض.
- اشرح طريقة العلاج للمريض بما يتناسب مع حالتـــه، وأن إحساســـا لطيفا من الحرارة سيشعر به، وفي حال حدوث ألم أو إزعاج إخبــــار المعالج بذلك فورا.
- ضع المريض بوضعية مريحة بحيث يمكن الوصول للمنطقـــة المعالجـــة بسهولة دون إزعاج المريض.
- استعمل رأس العلاج لنشر الوسيط، وحتى هذه المرحلة الجهاز مطفئ، ينشر الوسيط على كامل المنطقة المعالجة بحيث يشكل طبقة رقيقـة، وفي

حال شعور المريض بألم واخز أو إحساس حرق سطحي فهذا يدل على عدم كفاية الوسيط، وعندها يجب إدارة الشدة للصفر ثم يضاف وسيط من جديد، وفي حال شعور المريض بنفس الإحساس يجب إيقاف الجهاز.

- أدر مفتاح تشغيل الجهاز، وفي بعض الأجهزة مفتاح المؤقت، ثم اختر الوقت والشدة المناسبة لحالة المريض.
- عند اختيار طريقة تطبيق الأمواج (مستمر- نبضي) يجب أن يكون مفتاح الشدة على الصفر.
- ضع رأس العلاج على جسم المريض بإحكام، وحركه بشكل محكم ومتناسق لتحقيق تماس كامل، كما توضع الشدة بحسب المطلوب ويجب تحريك الرأس بشكل مستمر.
- عند انتهاء العلاج أدر مفتاح الشدة للصفر قبل رفع رأس العلاج عن جسم المريض، ثم نظفه من الوسيط وضعه في مكانه على الجهاز ثم أزل الوسيط عن جسم المريض، ويمكن استعمال الكحول في حال تطبيق وسائط أخرى غير الجلاتين.

× طريقة الغمر Immersion procedure:

الطريقة الثانية الشائعة لاستعمل US، غمر العضو المعالج ضمن وسط سائل وتستطب هذه الطريقة بحال عدم تحقيق أي من الخطوات الثلاثة السابق ذكرها بطريقة التماس المباشر، وتعتبر أكثر فائدة في علاج الأماكن الصغيرة مثل مفاصل اليد والقدم، كما تستطب أيضاً عندما تكون المنطقة حساسة جداً للمس أو بحال وجود جروح.

قبل البدء بالعلاج يجب اتباع ما يلي:

- حضر الوسط المناسب للغمر وضع الجهاز بطريقة تمكنك من العلاج بسهولة.
- اشرح طريقة العلاج للمريض.
- ضع المريض بوضعية مريحة ومناسبة بحيث يتحقق علاج المنطقة بشكل جيد.
- ضع رأس العلاج المضاد للماء ضمن الإناء باتجاه المنطقة المعالجة على بعد ١,٢٥ إلى ٢,٥سم.
- ابدأ بتحريك رأس العلاج بحركة منتظمة ومتناسقة بنفس الطريقة المطبقة في التماس المباشر ثم ارفع الشدة تدريجياً حتى تصل للمستوى المطلوب.

ومن المهم جداً أن يكون راس العلاج موجه بشكل عمودي على الجلد لتقليل الانعكاس، فكلما زادت زاوية الإسقاط كانت كمية الطاقة الموجهة للمنطقة أقل وبالتالي ضعف درجة الاختراق والامتصاص.

وكذلك وجود فقاعات هواء بين الجلد والرأس تزيد درجة الانعكاس وبالتالي تقلل من ناقلية US، ويمكن إزالتها بقطعة شاش توضع على خافض لسان.

- عند انتهاء العلاج أدر مفتاح الشدة للصفر قبل إزالته من الوسط، ثم نشفه قبل وضعه على الجهاز.

❖ *تحذير:* يجب على المعالج تجنب وضع يده بالاتجاه المباشر للأمواج الصادرة أو المنعكسة ضمن الماء بسبب تعرضه لكميات كبيرة من US خلال الاستعمال المتكرر.

- اتخاذ الإجراءات المناسبة كمنع تعريض المريض والمعالج للتيار الكهربائي أثناء تطبيق هذه الطريقة.

× طريقة الأكياس المملوءة بالسائل fluid filled bag or cushion procedure:

برغم قلة استعمال هذه الطرقة، إلا أنها تشكل اختياراً في علاج السطوح غير المنتظمة أو المفرطة الحساسية، وتكون عملية أكثر في علاج الأجزاء المركزية من الجسم مثل الكتف، الرضفة، عظم لوح الكتف التي تتطلب حوض ماء كبير.

وتتطلب فقط كيس ذو جدار رقيق مثل الكفوف الجراحية surgical glove مملوء بوسيط ناقل مثل الماء المقطر-زيت معدني أو الغلسرين، ومن الأفضل استعمال الماء المقطر لمنع تشكل الفقاعات ضمن الكيس، والتي تشكل إزالتها صعوبة كبيرة بهذه الطريقة.

قبل البدء بالعلاج يجب اتباع مايلي:

- املأ الكيس بالسائل المناسب، ثم ضع رأس العلاج ضمن الكيس وأفرغه من الهواء حتى يصبح الرأس عل تماس مباشر مع السائل، ثم ثبت فتحة الكيس على حواف رأس العلاج بوساطة رباط قوي لمنع تسوب السائل، ويجب التأكد من عدم وجود الهواء الذي يضعف من ناقلية الأمواج.

- ضع الكيس على جسم المريض بعد وضع وسيط من نفس المادة الموجودة في الكيس بين الجلد والسطح الخارجي للكيس لتحقيق تماس تام ومنع تشكل فقاعات غازية.

- عند التأكد من إحكام الكيس على جسم المريض، يتم تشغيل الجهاز ورفع الشدة بالتدريج وتحريك الرأس ضمن الكيس بحيث تكون زاوية إسقاط الأمواج عمودية على السطح المعالج، ويجب الانتباه لعدم انزلاق الكيس على الجلد.

وتوجد طريقة الوسادة المملوءة بالسائل fluid cushion، بحيث توضع هذه الوسادة على المنطقة المعالجة بعد وضع وسيط بينها وبين الجلد، وبين رأس العلاج والوسادة.

وبعد وضع الوسادة على المنطقة والتأكد من ثباتها، يحرك رأس العلاج على السطح العلوي للوسادة، والعائق الرئيس لهذه التقنية تشكل السطح البيني بين رأس العلاج والجلد، حتى طريقة الأكياس المملوءة بالسائل تشكل سطح بيني (جدار الكيس – الجلد) مما يؤدي لإضعاف الأمواج.

سابعاً: بروتوكولات العلاج: treatment protocol

- مساحة المنطقة المعالجة ومدة العلاج.
- الشدة المستعملة في العلاج.
- عدد الجلسات وتكرارها.
- قصة سريرية.

مساحة المنطقة المعالجة ومدة العلاج size of the area and duration of treament:

يتم تحديد مساحة المنطقة المعالجة تبعاً لهدف العلاج (الشفاء أو تهدئة الألم) وعند تحديد المساحة يجب اعتبار مايلي:

- مدة العلاج في الجلسة الأولى أقصر من الجلسة الثانية.
- تتطلب الحالة الحادة مدة أقصر من الحالة المزمنة.
- مدة علاج المنطقة الصغيرة أقل من المنطقة الكبيرة.

ومن أجل الحصول على أكبر استجابة حرارية آمنة، يمكن استعمال نفس الشدة لفترة طويلة من أجل إطالة الاستجابة الفيزيولوجية، ويجب الإحاطة الكاملة بهذه المبادئ لمنع أي خلل.

وقد حدد بعض المؤلفين الطريقة التالية لتحديد فترة العلاج، وذلك حسب التجارب والخبرات الطويلة.

من أجل الحالات تحت الحادة subacute conditions:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{\text{ERA} \times ١.٥}$$

مثال:

إذا كانت مساحة المنطقة المعالجة ٥٠سم[٢] وقيمة ERA=١٠سم[٢]

$$\frac{٥٠}{١٠\times١,٥} = ٣.٣ \text{ دقيقة}$$

-من أجل الحالات المزمنة chronic onditions:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{ERA \times ١}$$

وفي المثال السابق $\frac{٥٠}{١٠\times١}$ = ٥دقائق .

- من أجل أعظم تأثر حراري maximal thermal effect:

$$\text{المدة} = \frac{\text{مساحة المنطقة المعالجة}}{ERA \times ٠,٨}$$

وفي المثال السابق $\frac{٥٠}{١٠\times٠,٨}$ = ٦,٢دقيقة

* الشدة المستخدمة في العلاج intensity of treat ment:

عند تحديد شدة الجرعة العلاجية يجب اعتبار الأمور التالية:

- المناطق السطحية، كالأماكن الموجودة فوق البروزات العظمية تتطلب شدة أقل من النسج العميقة.

- في الأذيات تحت الحادة أو أي حالة تتأثر بارتفاع درجة الحرارة تتطلب شدة منخفضة.

- يجب أن تكون الشدة في الجلسة الأولى منخفضة.

- يجب سؤال المريض أثناء وبعد العلاج عن الحالة التي يشعر بها، لتقييم الشدة بشكل مناسب وعند وجود خلل في الإحساس يجب استعمال شدة منخفضة.

عند التأكد من عدم وجود أي خلل آخر كضعف الدوران، يمكن تطبيق US فوق المناطق المصابة بخلل حسي بعد تثبيت الشدة المناسبة وذلك بتسجيل إحساس المريض عند تطبيق US على الجانب الآخر السليم.

والمريض يمكن أن يتحمل:

- شدة مرتفعة عند تطبيق الأمواج النبضية بالنسبة للمستمرة.
- شدة مرتفعة عند تطبيق طريقة الغمر بالنسبة لطريقة التماس المباشر.

من الصعب تحديد جرعة علاجية ثابتة لكل حالة، وأحد أسباب هذه المشكلة الاختلاف في مخرج الطاقة بين الأجهزة المختلفة، وعدم دقة القيمة التي تظهر على شاشة الجهاز كما أشرنا إلى ذلك مسبقاً، لذلك ينبغي على المعالج أن يكون على علم بخصائص الجهاز المتوفرة لديه بشكل جيد.

على الرغم من تقسيم الشدة عن طريق الجهاز والمقدرة بـ ٠-٢واط/سم٢، يجب الوثوق بإحساس المريض والعلامات السريرية التي تظهر عليه، فعندما يشعر المريض بإحساس مؤلم يجب خفض الشدة قد يشعر المريض بأنواع مختلفة من الألم مثل:

* **الألم الحاد، الألم الطاعن** وهذا يدل غالباً على ارتفاع الحرارة الزائدة في السمحاق وذلك عند توجيه الأمواج بشكل مباشر إلى النواتئ العظمية أو تحريك الرأس ببطء شديد ويمكن تجنب هذا النوع من الألم بـ:

- خفض الشدة
- تجنب توجيه الأمواج بشكل مباشر للنواتئ العظمية.
- تحريك الرأس بشكل أسرع.

* **أما الألم الكليل البطيء** فيكون ناجماً عن الارتفاع الكبير للشدة مما يسبب ارتفاعاً سريعاً في درجة حرارة النسيج وليس كما في الارتفاع بشكل بطيء، وفي هذه الحالة يجب إيقاف العلاج.

* **أما الألم الواخز، اللاذع** أو إحساس باهتزاز تحت رأس العلاج فهذا يدل على أن كمية الوسيط غير كافية أو التماس الكامل غير محقق ويمكن تجنب هذا النوع من الألم بـ :

- إضافة كمية مناسبة من الوسيط.
- تصحيح وضع الجزء المعالج بحيث يتحقق التماس الكامل.
- استعمال طريقة الغمر أو طريقة الأكياس المملوءة بالسائل.

والشدات التالية المقترحة اعتماداً على شدة الجهاز من ٠-٢واط/سم^{٢} تطبق بالشكل المستمر بطريقة تحريك رأس الجهاز والتماس المباشر.

- الحالات الحادة: - الشدة من ٠,١ ← ٠,٥واط/سم^{٢}.
- من أجل إنقاص التأثير الحراري.
- لايشعر المريض بأي حرارة.
- يجب أن يكون المعالج متحفظ وحذر عند علاج هذه الحالات.
- الحالات تحت الحادة: - الشدة من ٠,٥ ← ١ واط/سم^{٢}.
- يشعر المريض بإحساس حراري خفيف جداً.
- قد لايشعر المريض بأي حرارة أو حرارة خفيفة جداً على الجلد فقط.

- الحالات المزمنة:
- الشدة من ١ ← ٢واط/سم٢
- تأثير حراري مرتفع آمن يكون مفضل.
- يشعر المريض بإحساس حراري قوي لكنه غير مزعج.

هذه الاقتراحات تمثل وجهة النظر المعقولة الشائعة المقتبسة من دراسات التأثيرات الفيزيولوجية لـ US وكذلك من الخبرات الطبية.

وأمر هام يجب التنويه عنه، أنه مهما كانت قيمة التردد المعطاة، فإن النسيج السطحي يتلقى القسم الأكبر من الطاقة لذلك عند علاج الأذيات السطحية يجب استعمال الشدة الدنيا من المدى المحدد، أما عند علاج الأذيات العميقة يجب استعمال الشدة العليا من المدى المحدد.

* الجلسات العلاجية وتكرارها frequency and number of treatments:

إن توثيق تكرار وعدد الجلسات غير واف، لكن الاقتراحات التالية تكون مقبولة إلى حدما في الممارسة العملية:

- تطبق US بشكل شائع مرة يوميا أو كل يومين مرة.
- يعتمد عدد الجلسات على مدى سرعة الحصول على التأثير المرغوب.
- توقف US في الحالات التالية:
- الشفاء التام من الأمراض واسترجاع الوظيفة الطبيعية.
- إذا لم تحصل نتائج إيجابية بعد ٣-٤ جلسات.
- بعد(١٢-١٥) جلسة، حيث يحصل التحسن في معظم الحالات.

ثم يراقب المريض لمدة أسبوعين بدون US، وإذا تم نكث الحالة خلال هذه الفترة تعاد سلسلة أخرى من الجلسات.

وفي حالات خاصة كما في تقفع دوبتران ربما تستمر المعالجة لعدة شهور، لذلك تطبق US من (١-٢) جلسة في الأسبوع.

يجب تغير العلاج بـ US في حال تفاقم الحالة لدى المريض، ويجب فحص الحالة بشكل دقيق لتحديد أسباب التفاقم واختيار وسيلة علاجية أخرى مناسبة.

وأظهرت الدراسات الطبية أنه من الممكن زيادة أعراض الحالة بشكل خفيف لعدة ساعات بعد الجلسة الأولى أو الثانية، هذا التغيير يحصل فقط لعدة ساعات، والتحسن في الأعراض الأصلية يحصل خلال الأيام التالية، وهذا الأمر لايستوجب إيقاف العلاج، وغالباً ما يدعى بألم المعالجة **treatment sorenss** والذي ربما يكون ناجماً عن زيادة الفعالية في النسج، ويجب إعلام المريض سلفاً عن هذا الأمر، ويمكن إزالته بمساج ثلجي، وتنقل هذه المعلومات للمريض بشكل حسن دون أن نسبب له أي خوف.

وعند وزيادة الأعراض مباشرة بعد العلاج واستمرارها لمدة (٢٤-٤٨سا) عندها يجب إيقاف العلاج بـ US، وإذا قرر إعادتها مجدداً ينبغي أن تطبق بشدة منخفضة وبعد زوال الآثار الجانبية تماماً.

وينصح بالحد من التعرض للأمواج فوق الصوتية من منظور الحذر (بعد ١٢-١٥ جلسة)، وإذا لم يسجل المريض أي تحسن بعد عدة جلسات ينبغي تطبيق وسيلة علاجية أخرى مناسبة، وبعض المرض يصبحون مدمنين على US لسبب تأثيرها المسكن السريع لذلك ينبغي أن يكون المعالج حذراً لهذا الأمر.

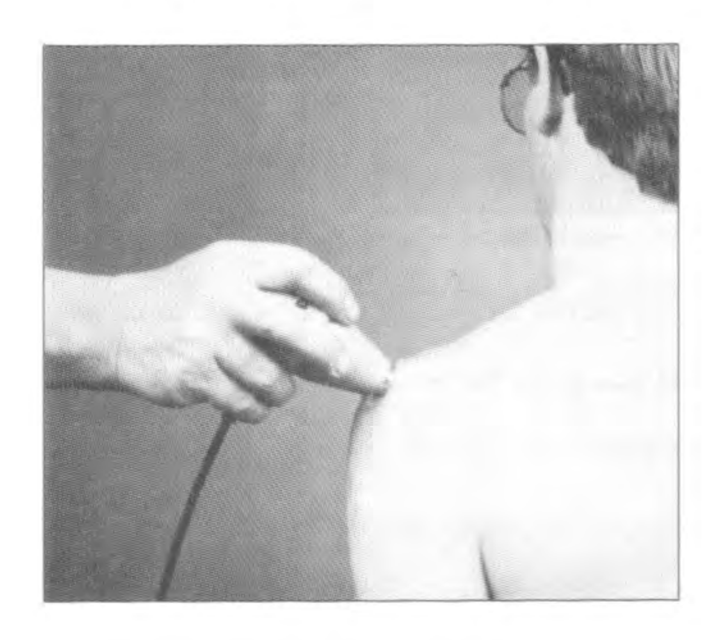
وفيما يلي عرض لنماذج مختلفة من رؤوس العلاج



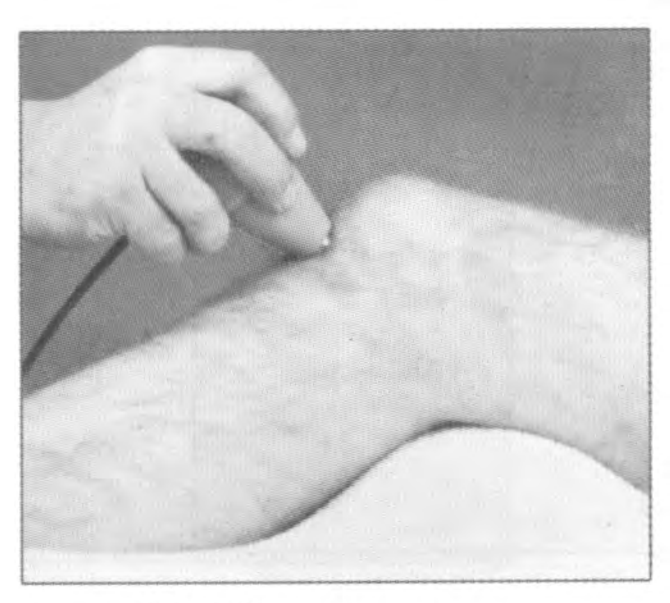
وتطبيق US على مناطق مختلفة



معالجة التهاب مفاصل الأصابع



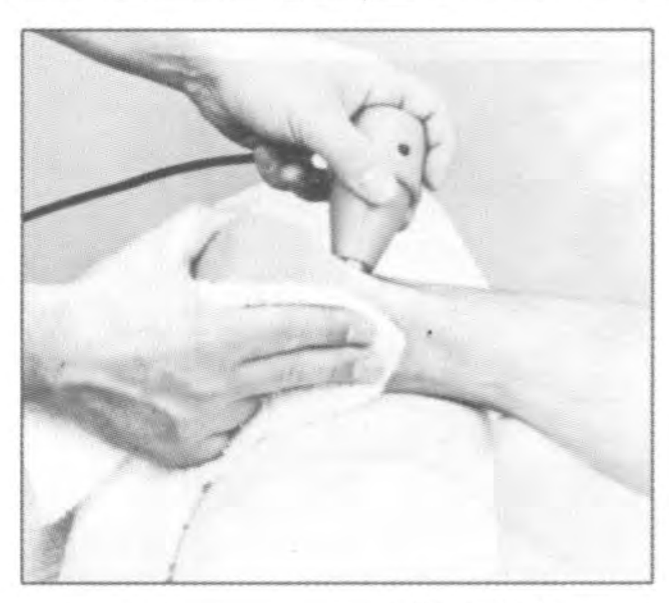
معالجة وتر فوق الشوك



معالجة اعتلال ارتكاز رباط الرطفة



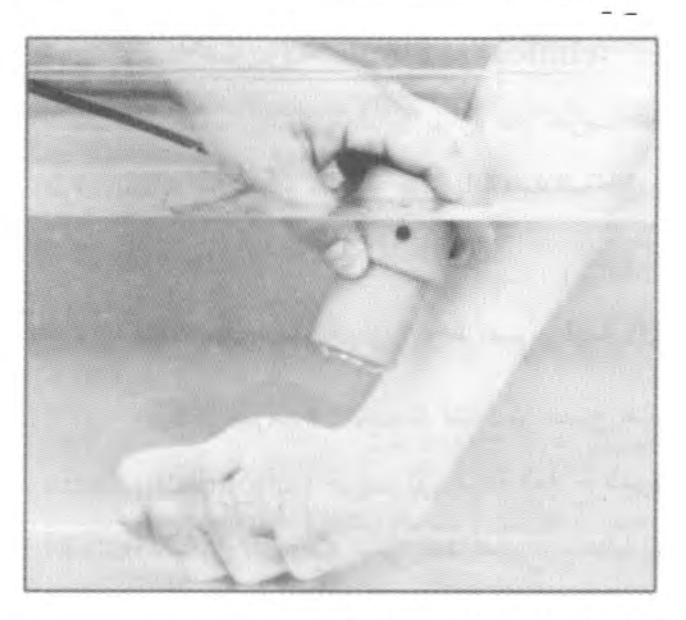
معالجة منشأ باسطة الرسغ الكعبرية القصيرة



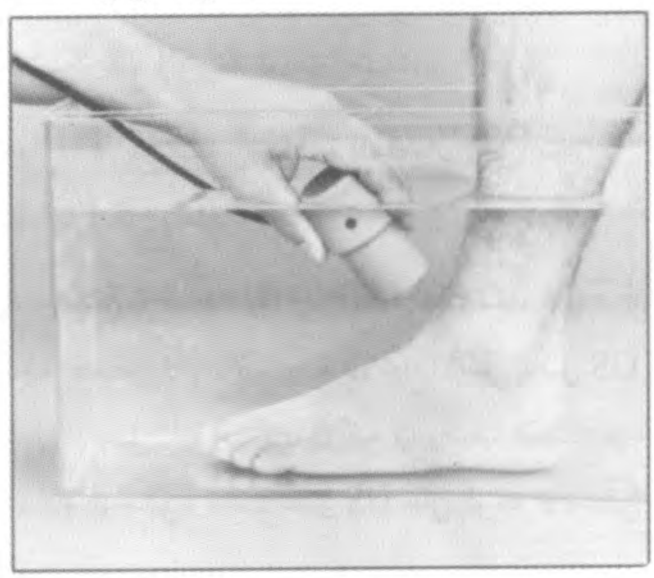
معالجة وتر آشيل
لاحظ وضع المنشفة لحماية المعالج (طبقة هواء)



معالجة تقفع دوبتران تحت الماء
لاحظ زيادة المسافة لتقليل تأثير الحقل القريب الناجم عن استعمال رأس علاج صغير بتردد 3 ميغا هرتز



معالجة تقفع دوبتران تحت الماء
لاحظ إنقاص المسافة باستعمال رأس علاج صغير بتردد
1 ميغا هرتز



معالجة متلازمة احتكاك frictionsyndrom وتر الظنبوبية
الأمامية

٭ قصة سريرية clinical example:

إن القصة السريرية التالية عبارة عن تدريب عملي على كيفية استنباط طرق العلاج والتحكم بالمعايير طبقا للدراسة السابقة، ولاتعد قانونا يمكن الاقتداء به في علاج نفس الحالة لعدة أشخاص.

بفرض أن شدة الجهاز ٢ واط/سم^2 وقيمة ERA=١٠سم^2.

مريضة عمرها ٢٥ سنة تشكو من تلين غضروف الداغصة chondromalacia وحولت إلى عيادة العلاج الفيزيائي، حيث لاحظت وجود ألم وانتفاخ حول الداغصة اليمنى منذ أسبوع وحاليا تشكو من الألم أثناء النهوض من وضع الجلوس وصعود الدرج، مع وجود فرقعة خفيفة وألم يثار بالجس على الوجه الأنسي للركبة اليمنى، وطبقت الراحة وتطبيق الثلج خلال الأسبوع الماضي.

١) الهدف من العلاج تسكين الألم وإزالة الوذمة الخفيفة.

٢) **طريقة تطبيق الأمواج**: طريقة التماس المباشرة باستعمال رأس صغير.
أو طريقة الغمر بالماء إن أمكن ذلك.

٣) **الوضعية**: إذا كانت السطوح التمفصلية هي المنطقة المستهدفة، فعندها تكون الركبة بوضعية البسط وتكون الداغصة بالاتجاه الأنسي تطبق US على الوجه الوحشي للمفصل. أما إذا كان الركبة في وضعية الغطف تكون الداغصة بالاتجاه الوحشي، لذلك تطبق US على الوجه الأنسي للمفصل.

إذا كانت منطقة اللقمة الفخذية الوحشية هي المستهدفة يجب وضـــــع الركبة بوضعية عطف ٩٠° على الأقل مع الاسترخاء.

٤) **شكل الأمواج**: نبضي أو مستمر.

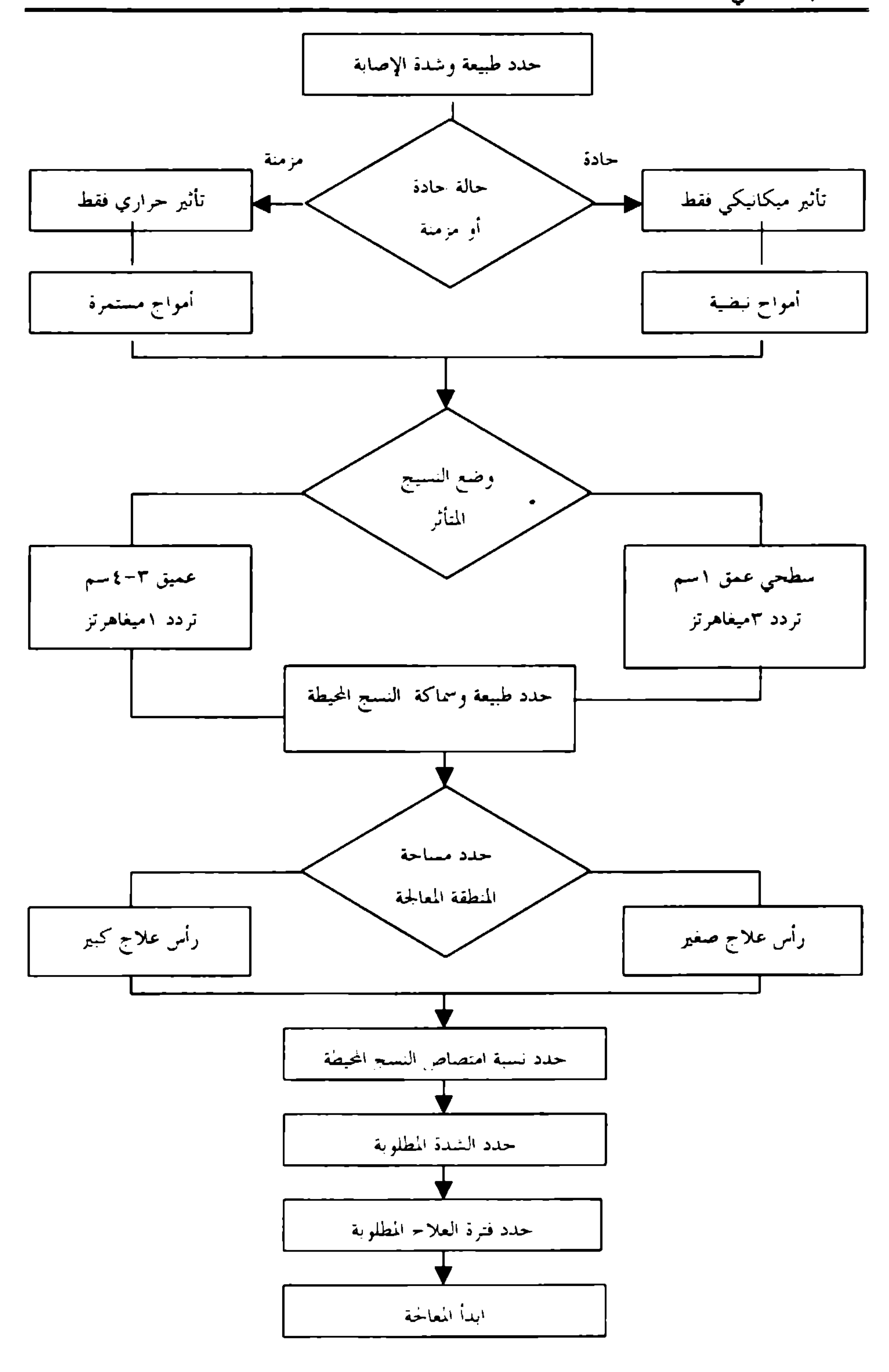
٥) مساحة المنطقة المعالجة ١٠٠سم٢.

٦) الفترة ٥دقائق.

٧) **الشدة**: بالشكل المستمر ٠,٥ –١واط/سم٢.

بالشكل النبضي ١–١,٥واط/سم٢ مع دارة عمل ٥٠%.

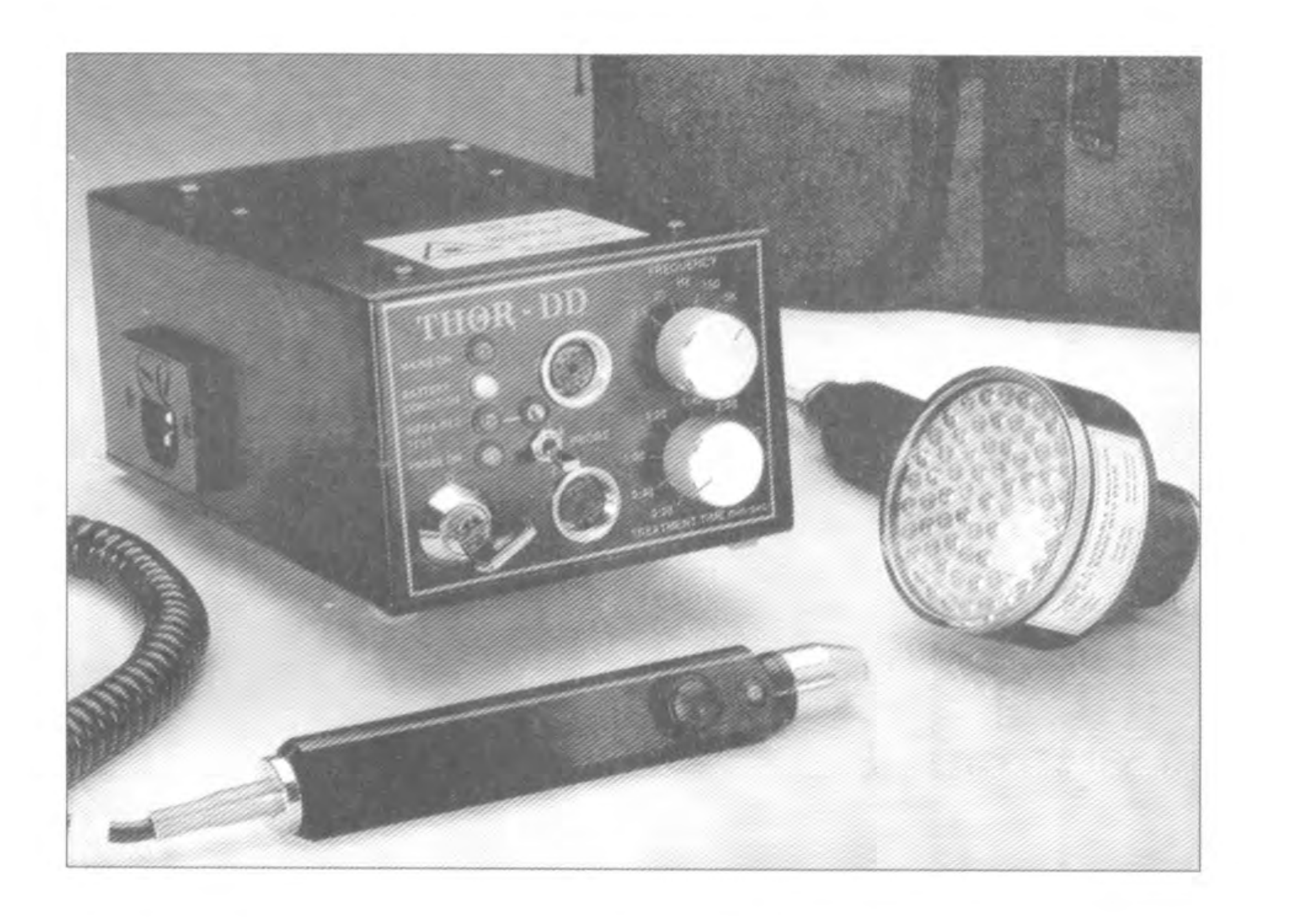
وفيما يلي مخطط لخطوات العلاج:


حدد طبيعة وشدة الإصابة
مزمنة
حادة
حالة حادة
أو مزمنة
تأثير حراري فقط
تأثير ميكانيكي فقط
أمواج مستمرة
أمواج نبضية
وضع النسيج
المتأثر
عميق ٣-٤سم
تردد ١ميغاهرتز
سطحي عمق ١سم
تردد ٣ميغاهرتز
حدد طبيعة وسماكة النسج المحيطة
حدد مساحة
المنطقة المعالجة
رأس علاج كبير
رأس علاج صغير
حدد نسبة امتصاص النسج المحيطة
حدد الشدة المطلوبة
حدد فترة العلاج المطلوبة
ابدأ المعالجة

البحث الثالث

الليزر

laser therapy


THOR - DD
FREQUENCY

أولاً: المقدمة

ثانياً: المبادئ الفيزيائية

ثالثاً: التأثيرات الفيزيولوجية

رابعاً: الأجهزة المستعملة في العلاج الفيزيائي

خامساً: طرق التطبيق.

سادساً: الاستطبابات ومضادات الاستطباب

سابعاً: التحذيرات.

أولاً- المقدمة Introduction:

إن كلمة ليزر هي تعريب للكلمة الإنكليزية laser المشتقة من الحروف الأولى للعبارة light amplification of stimulated emisson of radiation التي تعني جهاز تضخيم الضوء بالإصدار المحثوث للإشعاعات، وقد صمم مبدؤه بدءاً من أعمال أنيشتين في التكميم الطاقي للإصدار المحثوث.

ازدهر الاستعمال الطبي لليزر بشكل سريع، وهو دائم التطور، وسنتكلم في هذا البحث عن الليزر المستعمل في العلاج الفيزيائي دون التطرق للاستعمالات الطبية الأخرى.

تم حديثاً في الولايات المتحدة صنع جهاز ليزر باستطاعة منخفضة low-power laser إن هذا الجهاز يمكن أن يساعد في تخفيف الألم paim، التشنج spasm الالتهاب inflamation وتسريع عملية الترميم tissuses reparing.

وبرغم استعمال الليزر ذو الاستطاعة المنخفضة لأكثر من عقد في أوروبا لم تثبت فعاليته، وأكثر الادعاءات العلاجية المنسوبة لهذا الجهاز تعتمد على الملاحظة التجريبية empirical observation.

وقد صنفت إدارة الأغذية والأدوية food and drug administration (FDA) هذا الجهاز بالدرجة الثالثة، ويجب أن يتمتع جهاز الليزر بالأمان وسهولة التطبيق.

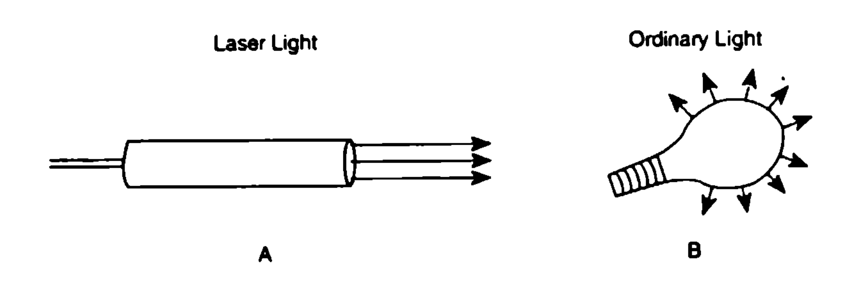
ثانياً- المبادئ الفيزيائية physical principles:

يعتبر ليزر الاستطاعة المنخفضة شكلاً من أشكال الطاقة الكهرطيسية electromagnetic energy تقع أطوال موجاته ضمن مجال الأشعة المرئية وتحت الحمراء، ويتميز الضوء الصادر عن الليزر بصفات خاصة تميزه عن أقرانه من الإشعاعات الكهرطيسية وهي:

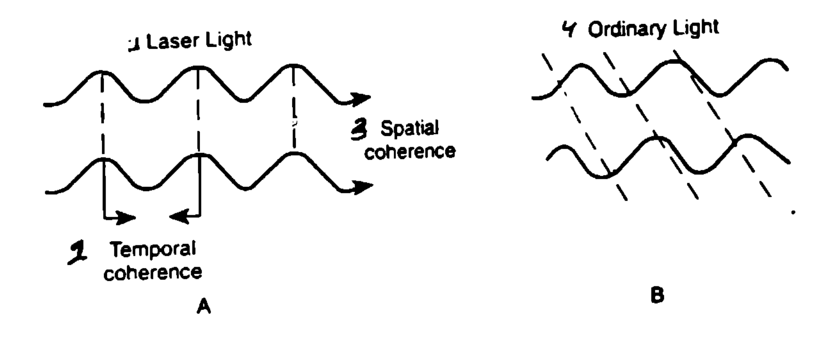
١- الترابط الموجي coherence waves:

يتكون الليزر من موجات تنطلق بشكل موازٍ وبدرجة عالية من الترابط، أي بنفس الطور (الزمني) ونفس الاتجاه (الفضائي)، تدعى هذه الميزة الترابط الفضائي والزماني temporal and spatial coherence، وبعكس الضوء الذي ينتشر في كافة الاتجاهات.

ويبين الشكل (٣-١) الفرق بين أشعة الليزر والضوء العادي والشكل (٣-٢) يبين الترابط الفضائي والزماني.



الشكل (٣-١): يبين اتجاه الأمواج.
A-ضوء الليزر.
B-الضوء العادي.



الشكل (٣-٢): يبين الترابط الفضائي والزماني.
١- ضوء الليزر.
٢- الترابط الزماني.
٣- الترابط الفضائي.
٤- الضوء العادي.

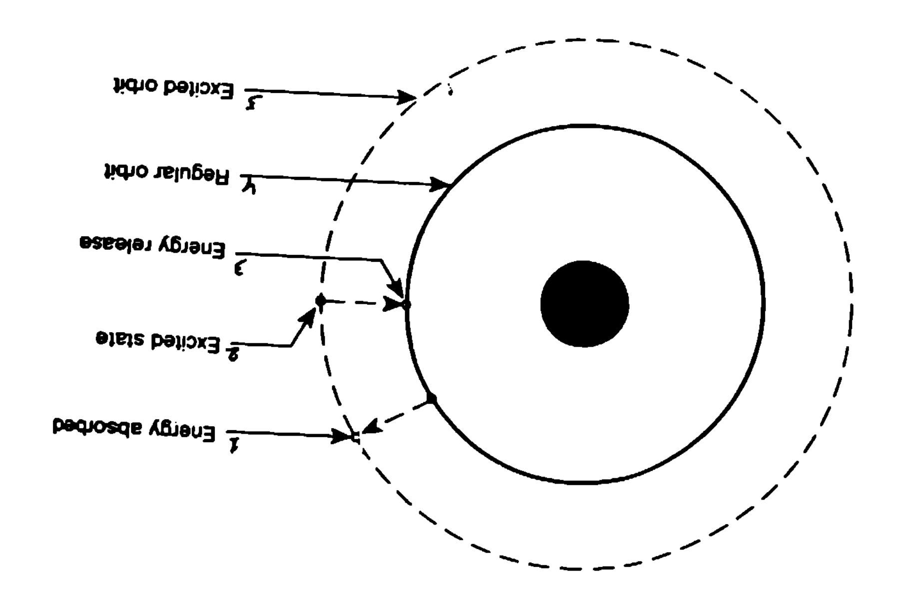
٢- طول الموجة الأحادي monochromaticity:

يصدر كل جهاز ليزر أمواجاً بطول واحد، وتختلف تبعاً لنوع الجهاز فمثلاً يصدر جهاز الليزر المصنع من الهليوم وغاز النيون (He Ne) Helium-Neon شعاع ليزري أحمر طول موجته ٦٣٢,٨ نانومتر، بينما يصدر جهاز ليزر زرنيخ الغاليوم (Ga As) Gullium-Arsenied شعاع ليزري تحت الأحمر طول موجته ٩١٠ نانو متر.

ويمتلك كل طول موجي حسب التقارير الطبية آلية تأثير خاصة في النسج الحية، بينما يتركب الضوء العادي من خليط من الأطوال الموجية.

٣- الإيزاء collimation:

يشير الإيزاء إلى صغر درجة انحراف أو الحركة المفردة للفوتونات ضمن شعاع الليزر يتم إنتاج شعاع الليزر بتطبيق طاقة كهربائية أو كيميائية أو آلية على أنواع مختلفة من المواد، بحيث تحدث هذه الطاقة تغيرات في حالة الالكترونات لدارات هذه المواد، وذلك بانتقال الالكترون إلى مدار ذي سوية طاقية أعلى وتصبح الذرة بوضع غير مستقر (الهياج) ولدى عودة الالكترون إلى مداره الأصلي يتم إصدار الفوتونات التي تصطدم بذرات أخرى مسببة إصدار المزيد من الفوتونات بحيث يحدث تفاعل متسلسل متزايد بسبب إطلاق الطاقة الإشعاعية Radiant energy كما في الشكل (٣-٣).



الشكل (٣-٣): يبين حالة الهياج للالكترونات وإصدار الطاقة
١- امتصاص الطاقة. ٢- حالة الهياج. ٣- إصدار الطاقة. ٤- المدار الأصلي. ٥- مدار الهيجان.

ثالثاً- التأثيرات الفيزيولوجية physiological effects:

تشمل التأثيرات الفيزيولوجية المنسوبة لليزر ما يلي:

- تسكين الألم
- تسريع عملية الترميم بزيادة اصطناع الكولاجين وزيادة التروية الدموية وإنقاص العضويات المجهرية.

ويعتمد تأثير الليزر في النسيج الحيوي على:

- طول موجة الشعاع.
- عمق الاختراق
- الجرعة (الشدة-المدة)
- عدد المعالجات الكلي.
- حالة النسيج مثلاً تنقص النسج ذات التروية القليلة كمية امتصاص الطاقة ويمتص الجلد الداكن الإشعاع أكثر من الفاتح.

تحدث هذه التأثيرات باستعمال أجهزة استطاعتها منخفضة من ليزر زرنيخ الغاليوم (Ga As) وليزر هيليوم-نيون (He Ne) استطاعتها أقل من ٦٠ ميلي واط، يمكن أن تحدث استجابة حرارية منخفضة جداً.

وتوجد أجهزة أخرى ذات استطاعة مرتفعة (أكثر من ٦٠ ميلي واط) مثل:

- الليزر الغازي وأساسياً ليزر الأرغون وليزر غاز ثاني أكسيد الكربون.
- الليزر الصلب وهو ليزر عقيق الألمنيوم والايتريتوم المنشط باليوديوم واختصاراً ليزر ياغ Yag.

تحدث تأثير حراري ناجم عن امتصاص النسج للطاقة التي تحتويها حزمة الليزر محدثة تبعاً لتدرجها الحراري ثلاث درجات من التأثير وهي:

- التخثر coagulation.
- التبخير evaporation .
- القطع coupe والحروق burning

ولاتستعمل هذه الأجهزة في العلاج الفيزيائي وإنما في الطب ويجب التنويه إلى أن الدراسات حول تأثير الليزر في العلاج الفيزيائي مازالت في مراحلها المبكرة، وتحتاج المزيد من الدراسات لإثبات فعاليتها بشكل جيد.

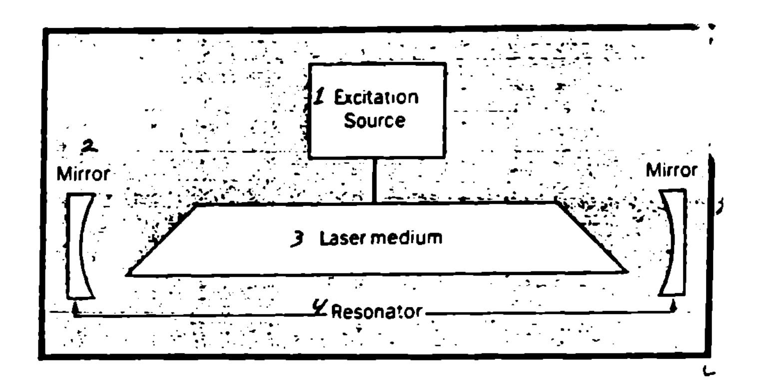
رابعاً- الأجهزة المستعملة في العلاج الفيزيائي:

types used in physical therapy:

إن أكثر الأجهزة ذات الاستطاعة المنخفضة المتوفرة اليوم من أجل العلاج الفيزيائي هي ليزر هيليوم نيون He Ne وليزر زرنيخ الغاليوم Ga As ولفهم عمل الليزر لابد من معرفة مكونات الليزر أولاً.

يتكون الليزر من:

- الوسط الليزري (المادة النشطة)
- منبع الإثارة (كهربائي-حراري-كيميائي)
- المجاوب أو المرنان الشكل (٣-٤)



الشكل (٣-٤): يوضح الشكل نموذج مبسط لجهاز الليزر الغازي.
١-منبع الإثارة
٢-المرآة
٣-الوسط الليزري
٤-المرنان.

أما الوسط الليزري في ليزر هيليوم - نيون مكون من مزيج من غاز الهليوم (٩٠%) وغاز النيون (١٠%) عند ضغط معين حسب الخرج المطلوب (يختلف هذا الضغط بحسب الشركة المصنعة) موجود ضمن أنبوب زجاجي، تتم إثارة هذا المزيج بوساطة منبع كهربائي بحيث توضع الالكترودات (الموجب-السالب) عند نهايتي الأنبوب ليكونا بمثابة أداة لتأيين المزيج الغازي الليزري وبالتالي إثارة ذرات الهليوم-نيون.

أما المحاوب أو المرنان فيتم تشكيله باستعمال مرآتين متقابلتين توضعان عند نهايتي الأنبوب وفي معظم أنابيب هيليوم-نيون تكون إحدى المرايا عاكسة تماماً (١٠٠%) والأخرى ذات عاكسية جزئية (٨٠%) والتي تسمى بمرآة الخرج وتسمح لجزء من الليزر بالخروج. وتحدث عملية التضخيم عن طريق انعكاس الضوء الليزري بين المرآتين وإثارة الفوتونات في كل انعكاس ويصدر شعاع أحمر مرئي طول موجته ٦٣٢,٨ نانومتر، يخترق هذا الشعاع الأنسجة لعمق ٠,٨ مم ويدعي البعض بأن تأثيره يصل عمق ١٥مم وبرغم إصدار ليزر زرنيخ الغاليوم Ga As لشعاع يقع ضمن مجال الأشعة تحت الحمراء إلا أنه ليس جهاز حراري وذلك بسبب الاستطاعة المنخفضة والشكل النبضي للشعاع.

خامساً- تطبيق الجهاز: procedures

تعتبر عملية تحضير جهاز الليزر بسيطة وقبل شرح خطوات التطبيق لابد من إيضاح الأمر التالي:

تختلف طريقة التطبيق من جهاز لآخر وذلك بسبب الاختلاف في نوع الليزر المستعمل، واختلاف الطول الموجي بين كل راس علاج وآخر (البروب probe) إذ يوجد عدة أشكال من البروب مع كل جهاز، وترفق تعليمات استعمال هذه الأجهزة وتحديد الجرعة والتردد بما يتوافق مع كل نوع من الجهاز من قبل الشركة المصنعة لذلك قبل تطبيق أي جهاز يجب الإطلاع على تعليمات الشركة المصنعة.

فمثلاً يتم تحضير جهاز He-Ne كما يلي:

- قبل تطبيق الجهاز يجب التأكد من سلامة التوصيلات والتأكد من موافقة مخرج التيار لمدخل الجهاز (١١٠ أو ٢٢٠ فولط) والتأكد من

وجود علامة الإنذار علـــى الواجهـــة الأماميـــة للجـــهاز، ووضـــع نظارات الوقاية المرفقة مع الجهاز من قبل المعـــالج والمريـــض وعـــدم توجيه أشعة الليزر المرئية وغير المرئية مباشرة إلى العينين أو على ســـطح عاكس.

- بعدها يتم تشغيل الجهاز والتأكد من وصول التغذية عن طريق إنـــارة شاشة الميناء واختيار البروب المناسب للحالة العلاجية.

- يتم وضع المريض بطريقة مناسبة وشرح إجراءات العلاج له، ويتـــم اختيار الفترة الزمنية المناسبة (١٦-٢٠ ثانية لعلاج الألم، ٢٠-٣٠ ثـــا لعلاج الجروح) عن طريق أزرار اختيار التوقيت.

- يتم اختيار التردد المناسب (٥-٢٠ ن/ثا لترميم النسج، ٢٠-٨٠ ن/ثا للألم) عن طريق أزرار اختيار التردد، بعدها اضغط على الزر الموجـــود على البروب ليبدأ بالعمل بحيث يبقى الشعاع موجهاً علـــى المنطقـــة المعالجة حتى انتهاء الفترة الزمنية.

- أطفئ الجهاز ثم ضع البروب في مكانه.

- في حال علاج نقاط الألم trigger point ونقاط الوخز بـــالإبر acupuncture يتم البحث عنها بواسطة البروب، إذ يحتوي الجـــهاز على دارة الكترونية لقياس مقاومة الجلد بحيث يمسك المريض بـــالقطب غير الفعال بينما يكمل المعالج الدارة بمسكه للبروب ويتم توجيهه علـــى المنطقة المعالجة فيشير الجهاز إلى هذه النقاط التي تكون مقاومتها أقل من مقاومة المناطق المجاورة.

- تحدد الجرعة العلاجية بحسب الحالة ومساحة المنطقة المعالجة والفترة الكلية للعلاج وشكل ونوع الليزر المستعمل.

فمن أجل ترميم النسج تتم إثارة حواف الجرح بليزر Ne—He لمدة ٣٠ثا لكل ١,٣سم كل ثاني يوم وتستمر المعالجة حتى الشفاء.

ومن أجل علاج الألم ونقاط الاستثارة والوخز بالإبر يمكن أن تستثار بليزر He-Ne لمدة ٣٠ ثا لكل نقطة باستعمال الشكل المستمر لليزر وتستمر المعالجة حتى اختفاء الألم وإذا لم يحدث تحسن خلال ٤-٦ جلسات يجب إيقاف العلاج.

وبشكل عام في علاج الحالات الحادة تكون الجرعة منخفضة (الشدة-المدة) وتزيد في علاج الحالات المزمنة.

سادساً: الاستطبابات ومضادات الاستطباب:

Indications and contraindications:

◘ الاستطبابات:

١- ترميم النسج.

٢- الألم الناجم عن التشنج العضلي.

٣- ألم الرأس.

٤- الالتهاب الموضعي local inflamation.

٥- الالتهاب الجهازي systemic inflamation.

٦- التهاب العضل الهيكلي musculoskelectal inflamation.

◘ مضادات الاستطباب:

بما أن إدارة الأغذية والأدوية (FDA) صنفت الجهاز بالدرجة الثالثة، هذا يعني أنه غير خطير عند تعريضه على الأجسام البشرية ما لم يوجه مباشرة على العين، وبما أن التأثيرات طويلة الأمد غير معروفة يجب تجنب تطبيقه في الحالات التالية:

١- توجيه الشعاع مباشرة على العين، يجب ارتداء النظارات الواقية من قبل المعالج والمريض.

٢- تجنب تطبيق الليزر على منطقة الحمل، ويمكن أن يطبق كجهاز مساعد في علاج آلام أسفل الظهر مع بقية الأجهزة الأخرى.

٣- النسج المتسرطنة.

٤- تعريض الغدة الدرقية للأشعة.

٥- التروف يمكن أن يحدث الليزر توسع وعائي وبالتالي زيادة الترف.

٦- تناول المريض للأدوية مخمدة لجهاز المناعة immune supperssunt drugs

٧- تعريض الغقد الودية، العصب المبهم منطقة القلب لدى علاج مرضى مصابون بأمراض قلبية.

٨- تعريض منطقة اليوافيخ عند الأطفال.

سابعاً: التحذيرات: precautions

١- لا يستعمل الليزر على المناطق المحقونة حديثاً بأدوية ستيروئيدية steroid (٢-٣ أسبوع) لأن المريض يمكن أن يعاني من تفاقم الأعراض بعد العلاج بالليزر، ويمكن تطبيقه بعد ٢-٣ أسبوع، وينصح باستعمال أقل جرعة محددة نسبة للبروب المستعمل.

٢- استعمال مضاد التخثر Anti coagulants يمكن أن تحدث كدمة خفيفة بعد العلاج بسبب ضغط البروب.

٣- استعمال الأدوية المضادة للالتهاب لاتحدث استجابة سريعة للعلاج بالليزر أثناء تناول الأدوية المضادة للالتهاب في الإصابات الحادة، وإنما ينصح استعمال الليزر والثلج بدون هذه الأدوية.

٤- **الصرع** epilepsy: توخى الحذر عند علاج المرضى المصابين بالصرع وخصوصاً تعريض منطقة الرأس والعنق.

٥- لا تعد الدبابيس pins والصفائح المعدنية والبلاستيكية وناظم القلب مضاد استطباب لليزر.

وأخيراً يمكن القول بأن دخول الليزر مجال العلاج الفيزيائي أمر حسن، ولكن يجب أن يكون تطبيقه آمناً وخاضعاً لرقابة إدارة الأغذية والأدوية FDA هذا وما زالت الدراسات في مراحلها الأولى ويحتاج للمزيد من الدراسات والأبحاث حتى يصبح استعماله غير مقيد.

- الفهرس -

المراجع

1- Lehmann J› hered: Tapeutic Heat and Cold .3 th ed. Baltimor, MD : william , wilkins 1982.

2- Physical a gents: acompre hensive text for physical therapists/ Bernadette He Coz, Joseph Weisbery, Tsege Andemicael Mehreteab 1994.

3- Krusent: Handbook of physical medicine and Rehabilitation. 2nd ed ph: ladelphia: WB saunders, 1971.

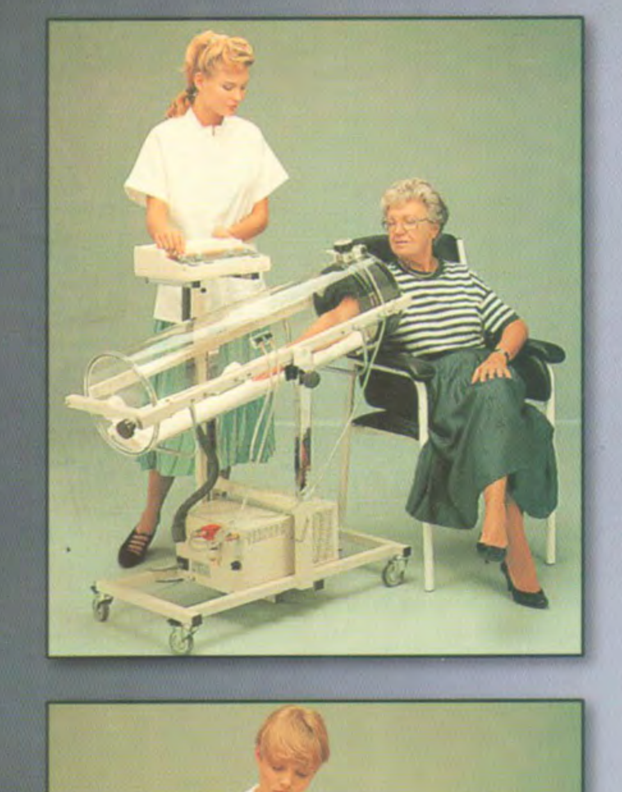
4- Guyton A: Human Physiology and Mechanism of disease 1995.

5- Sheila Kitchen, Sarah Bazin, Clyton›s electrotherapy 1982

6- R. Hoog land, Ultras Sound Therapy. Manu Facture of (Enraf – Nonius) equiment 1995.

7- Ann H. Downer, B. A. Physical Therapy Proced ures. 1988.

8- د. سهام طرابيشي – كلية العلوم – قسم الفيزياء - جامعة دمشق – الفيزياء الطبية . 1991



هذا الكتاب

دليل نظري وعملي للعاملين في حقل العلاج الفيزيائي

شرح وافي للوسائل العلاجية وطرق تطبيقها مع كثير من الأمثلة والصور التوضيحية

الطرق الحديثة في معالجة آلام العمود الفقري والمفاصل والمشاكل العضلية الهيكلية والعصبية

تطبيقات الليزر في حقل العلاج الفيزيائي

المؤلف

